SCHL CMHC

Question habitation, comptez sur nous

Canada

ÉTABLISSEMENT DES MÉTHODES DE MESURE DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET DES MOUVEMENTS D'AIR DANS LES TOURS D'HABITATION

92-06631/

La Société canadienne d'hypothèques et de logement, l'organisme du logement du gouvernement fédéral, a pour mandat d'appliquer la Loi nationale sur l'habitation.

Cette loi a pour objet d'aider à améliorer les conditions d'habitation et de vie au Canada. C'est pourquoi la Société s'intéresse à tout ce qui concerne l'habitation, l'expansion et le développement urbains.

Aux termes de la partie IX de la Loi, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à en publier et à en diffuser les résultats. La SCHL a donc l'obligation légale de veiller à faire largement connaître tout renseignement de nature à améliorer les conditions d'habitation et de vie.

La présente publication est l'un des nombreux moyens d'information que produit la SCHL grâce au concours financier du gouvernement fédéral.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
DOMAINE D'APPLICATION	1
BÂTIMENT À L'ESSAI	3
MÉTHODES D'ESSAI	3
Essai 1a : Étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment	4
Essai 1b : Étanchéité à l'air du mur extérieur d'appartements particuliers	5
Essais 1c et 1d : Étanchéité à l'air des murs communs et du plancher/plafond séparant le logement à l'essai des appartements voisins	5
Essai 1e : Étanchéité à l'air des cages d'escalier	6
Essai 1f : Étanchéité à l'air des cages d'ascenseur	6
Essai 1g : Étanchéité à l'air des murs extérieurs et du plancher/plafond d'étages particuliers	6
Essai 2 : Mesure de la différence de pression pour évaluer l'infiltration d'air	7
Essai 3 : Mesure des mouvements d'air	8
Essai 4 : Infiltration d'air et distribution de l'air extérieur	8
RÉSULTATS ET EXPOSÉ	8
Étanchéité à l'air	9
1. Ensemble du bâtiment	9
2. Appartements particuliers	9
3. Étages particuliers	10
4. Cages d'escalier	11
Mouvements de l'air	11
1. Dispersion du contaminant	11
2. Infiltration d'air et distribution de l'air extérieur au moyen de l'installation de ventilation	12
CONCLUSION	13
BIBLIOGRAPHIE	14
REMERCIEMENTS	14

Page

ANNEXE : MÉTHODES D'ESSAI DÉTAILLÉES..... 15

Essai 1 : Essais de pressurisation par ventilateur et de pressurisation équilibrée par ventilateur pour mesurer l'étanchéité à l'air..... 15

Essai 1a : Étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment.. 15

Essai 1B : Étanchéité à l'air du mur extérieur d'appartements particuliers..... 21

Essais 1c et 1d : Étanchéité à l'air des murs communs et du plancher/plafond séparant le logement à l'essai des appartements voisins..... 24

Essais 1e et 1f : Étanchéité à l'air des cages d'ascenseur et des cages d'escalier..... 25

Essai 1g : Étanchéité à l'air du mur extérieur et du plancher/plafond d'étages particuliers..... 28

Essai 2 : Mesure de la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur d'un appartement dans diverses conditions atmosphériques..... 31

Essai 3 : Méthodes faisant appel à un gaz de traçage pour déterminer la qualité des mouvements d'air dans le bâtiment..... 32

SYMBOLES..... 36

ÉTABLISSEMENT DES MÉTHODES DE MESURE DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET DES MOUVEMENTS D'AIR DANS LES TOURS D'HABITATION

INTRODUCTION

La présente étude, menée conjointement par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) et l'Institut de recherche en construction, poursuit l'objectif d'établir les méthodes propres à mesurer l'étanchéité à l'air et les mouvements d'air dans les tours d'habitation. Ainsi, les méthodes élaborées seront ultérieurement mises à profit par les entrepreneurs que retiendra la SCHL dans le but de procéder à des mesures semblables dans plusieurs immeubles d'appartements. Les résultats serviront ensuite de fondement à la mise au point de normes d'étanchéité à l'air et de qualité de l'air à l'égard des immeubles d'appartements.

DOMAINE D'APPLICATION

Le domaine d'application se rapporte à l'élaboration de méthodes d'essai fondées sur celles qui ont déjà servi à mesurer l'étanchéité à l'air et les mouvements d'air à l'égard des immeubles d'appartements (Shaw et al. 1973, Tamura et Shaw 1976, Shaw 1980, Shaw et al. 1990). Les méthodes mises au point ont été éprouvées dans un immeuble d'appartements de cinq étages (170, rue Booth, Ottawa, voir figure 1) pour cerner les problèmes possibles que susciterait leur application dans des bâtiments occupés. Les résultats ont été utilisés pour modifier les méthodes d'essai détaillées expliquées à l'Annexe A.

Le plan d'essai proposé, dressé dans la proposition de contrat (IRC NP-295) comporte :

Essai 1 : Des essais de pressurisation par ventilateur et des essais de pressurisation équilibrée par ventilateur visant à mesurer l'étanchéité à l'air

a. de l'ensemble du bâtiment,
b. du mur extérieur de 12 appartements d'un étage (3e étage)
c. des murs communs séparant les logements à l'essai des appartements voisins,
d. des cloisons intérieures séparant les logements à l'essai du corridor,
e. le plafond/le plancher des logements à l'essai,
f. les cages d'ascenseur (si elles sont accessibles au ventilateur),
g. les cages d'escalier,
h. le plancher/le plafond d'étages particuliers;

Essai 2 : Mesure de la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur d'un appartement, dans diverses conditions atmosphériques.

Essai 3 : Méthodes faisant appel à un gaz de traçage pour déterminer la qualité des mouvements d'air dans le bâtiment.

Le plan d'essai précédent suppose que les locataires consentent unanimement à participer aux essais. Nous n'avons pas obtenu de consentement comme tel, de sorte que nous avons dû apporter les modifications suivantes :

1. Dix logements plutôt que 12 (essai 1b) ont été mis à l'essai, puisque deux locataires ont refusé d'accorder leur consentement. En conséquence, nous n'avons pu mesurer l'étanchéité à l'air des murs extérieurs et des cloisons de ces deux logements et des appartements voisins. De même, les cloisons du corridor n'ont pas été mises à l'essai puisque leurs caractéristiques d'étanchéité ont changé lorsque la porte d'entrée des appartements a été remplacée par un panneau de contreplaqué bien étanche en prévision de l'installation du ventilateur de pressurisation.

2. La cage d'ascenseur (essai 1f) n'a pas fait l'objet d'essais, étant donné que la situation aurait bouleversé trop de locataires (le présent rapport fait toutefois état de la méthode d'essai correspondante).

3. L'essai 2 n'a pas été effectué, car nous n'avons pas pu trouver d'appartement convenable au 2^{e} ou au 3^{e} étage (sous le plan neutre pour vérifier l'occurrence d'infiltration d'air).

Même si tous les essais projetés n'ont pas tous pu être menés, les résultats obtenus suffisent largement à fournir les données nécessaires pour atteindre les objectifs. De plus, nous avons ajouté les deux essais suivants :

1. Mesure de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, au moyen de l'installation de chauffage et de ventilation.

La SCHL nous a demandé de lui préférer l'essai 2 (mesure de la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur d'un appartement, dans diverses conditions atmosphériques). Le nouvel essai visait à évaluer la faisabilité de mesurer l'étanchéité à l'air globale de l'enveloppe du bâtiment, en faisant appel à l'installation de traitement de l'air.

2. Mesure de la distribution de l'air extérieur.

Cet essai avait pour but : 1) d'évaluer la faisabilité de mettre à profit la technique de désintégration du gaz de traçage pour déterminer le taux d'infiltration d'air de l'ensemble du

bâtiment; et 2) d'établir comment l'installation de chauffage et de ventilation distribue l'air extérieur dans le bâtiment.

3. Mesure de l'étanchéité à l'air du mur extérieur d'étages particuliers.

Les essais d'étanchéité à l'air ont porté sur le mur extérieur des deuxième, troisième et quatrième étages.

BÂTIMENT À L'ESSAI

Le bâtiment en maçonnerie de cinq étages, situé au 170, rue Booth, à Ottawa, dont la construction remonte à 1981, a pu faire l'objet d'essais grâce à l'autorisation que la Centretown Citizen's Ottawa Corporation a accordée à la SCHL et à l'IRC (figure 1). Le bâtiment comporte un sous-sol, un rez-de-chaussée et quatre étages types. Le sous-sol loge une salle de réunion, une buanderie, des aires de rangement, le local des transformateurs et le local de la mécanique. Près de la moitié du rez-de-chaussée est occupée par des locaux commerciaux (figure 2). Le local de réception des ordures s'y trouve également. Chaque étage type (du 2^{e} jusqu'au 5^{e} étage) comporte 12 logements, 6 de part et d'autre du corridor (figure 3). La cage d'ascenseur, le vide-ordures encloisonné et le local technique se trouvent au centre du bâtiment. Le bâtiment est desservi par un escalier à chacune de ses extrémités, la cage de l'escalier sud donnant accès au toit.

L'installation centrale de chauffage et de ventilation du bâtiment alimente en air le corridor de chacun des étages par deux registres, mais est cependant dépourvue de conduits de reprise. L'air de reprise est amené au système de chauffage et de ventilation par une bouche avec registre pratiquée dans le conduit d'alimentation en air extérieur, située à l'intérieur du local mécanique du sous-sol.

Le chauffage des appartements est assuré par un ventilo-convecteur équipé d'un serpentin à eau chaude. Aucun conduit n'alimente en air extérieur le ventilo-convecteur ou le logement. La ventilation s'effectue par aspiration depuis le corridor lors du fonctionnement de la hotte de cuisinière ou du ventilateur d'extraction de la salle de bain.

MÉTHODES D'ESSAI

Les méthodes d'essai mises au point antérieurement (Shaw et al. 1973, Tamura et Shaw 1976, Shaw 1980, Shaw et al. 1990) ont fait l'objet de modifications; en voici d'ailleurs une brève description :

Essai 1a : Étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment

Comme en témoigne la figure 1, la dépressurisation du bâtiment à l'essai est obtenue grâce à un puissant ventilateur axial à aubes directrices (Shaw et al. 1990), d'un débit d'air réglable entre 0 et 23 m^3/s. La gaine d'aspiration du ventilateur est raccordée par 12 m de conduits de 0,9 m de diamètre à un panneau de contreplaqué remplaçant temporairement la porte arrière donnant accès aux deux cages d'escalier. Toutes les portes intérieures donnant sur les cages d'escalier sont maintenues ouvertes de manière à laisser libre cours à l'air aspiré par le ventilateur depuis les étages, en passant par la cage d'escalier, jusqu'à l'extérieur. Pour les besoins de l'essai, le système de ventilation du bâtiment est arrêté (et les registres d'admission d'air frais clos) et les registres de tous les climatisateurs d'appartements fermés. En outre, le ventilateur d'extraction du local de réception des ordures est aussi mis hors tension et le conduit d'évacuation obturé, tout comme le conduit de ventilation de la chambre des transformateurs.

Le débit d'air est mesuré en amont de la gaine d'aspiration du ventilateur à l'aide d'une paire de tubes d'équilibrage de pression totale. La mesure du débit d'air comporte une marge d'erreur en deçà de 5 p. 100. Les différences de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe du bâtiment aussi bien au niveau du sol qu'au niveau du toit sont enregistrées par un manomètre électronique relié à un enregistreur à déroulement continu (lecture fidèle à moins de 5 p. 100). Les deux valeurs mesurées permettent d'établir l'écart de pression moyen auquel est soumise l'enveloppe du bâtiment. Avant l'essai et immédiatement après, le ventilateur est scellé par une feuille de plastique dans le but de mesurer la différence de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe au niveau du sol et au niveau du toit. On établit ensuite la moyenne de ces «lectures de base» qu'on déduit des résultats d'essai dans le but de minimiser les effets atmosphériques (vent et tirage).

Plutôt que de recourir à un ventilateur axial à aubes directrices, le ventilateur d'admission du système de chauffage et de ventilation du bâtiment peut dans certains cas servir pour les besoins de l'essai (Shaw et al. 1973). Pour obtenir des résultats significatifs, la capacité du ventilateur d'admission doit être suffisamment forte pour créer d'un côté à l'autre de l'enveloppe du bâtiment une différence de pression minimale de 30 Pa. Pour effectuer un tel essai, le système de chauffage et de ventilation fonctionne tout à fait suivant les conditions atmosphériques extérieures, le principal conduit de reprise et les registres d'évacuation fermés. Différents débits d'air requis pour produire quatre ou cinq écarts de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe du bâtiment peuvent être obtenus en réglant le registre extérieur ou le registre d'admission d'air.

L'emploi de cette méthode permet d'établir le taux d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Les débits d'air se mesurent à l'aide d'un jeu de tubes d'équilibrage de pression totale placés dans le conduit d'admission d'air extérieur. La façon de mesurer la différence de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe du bâtiment et d'effectuer l'essai d'étanchéité à l'air est identique à celle faisant appel au ventilateur axial à aubes directrices. Au débit maximal de 1 280 L/s, la différence de pression correspond à environ 3 Pa, donc insuffisante pour donner des résultats concluants.

Essai 1b : Étanchéité à l'air du mur extérieur d'appartements particuliers

Tel qu'illustré à la figure 4a, un ventilateur portatif, de débit réglable entre 0 et 320 L/s, est employé pour dépressuriser l'appartement choisi pour fins d'essai (Shaw 1980). La gaine d'aspiration du ventilateur est raccordée par 3 m de conduits de 0,2 m de diamètre à un panneau de contreplaqué remplaçant temporairement la porte d'entrée du logement. Toutes les portes intérieures de l'appartement sont maintenues ouvertes et tous les ventilateurs d'extraction (hotte de cuisinière et ventilateur de la salle de bain) sont arrêtés et leur grille respective scellée.

Le débit d'air est réglé à l'aide d'un registre manuel et mesuré en amont de la gaine d'aspiration du ventilateur avec une paire de tubes d'équilibrage de pression totale. La mesure du débit d'air comporte une marge d'erreur en deçà de 5 p. 100. La différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur est mesurée à l'aide d'un manomètre électronique relié à un enregistreur à déroulement continu. La différence de pression entre le logement à l'essai et chacun des appartements voisins (figure 4b) est réduite à environ zéro en dépressurisant les logements en cause au moyen de ventilateurs pourvus de registres manuels. Cette façon de procéder minimise l'infiltration d'air dans le logement à l'essai par les cloisons et le plancher/plafond. Une cloison temporaire pourrait être mise en place dans le corridor à l'extérieur de l'appartement à l'essai de manière à pratiquement annihiler la différence de pression d'un côté à l'autre du mur du corridor et ainsi y éviter tout mouvement d'air. Une telle cloison n'a pas été érigée dans ce bâtiment puisqu'elle aurait complètement bloqué le corridor pendant au moins six heures, situation rarement acceptable pour un bâtiment pleinement occupé. En conséquence, le taux mesuré d'étanchéité à l'air du mur extérieur tient compte du mur du corridor. Comme l'atteste la figure 4b, cet essai a nécessité l'usage de quatre ventilateurs d'équilibrage.

Essais 1c et 1d : Étanchéité à l'air des murs communs et du plancher/plafond séparant le logement à l'essai des appartements voisins

Pour obtenir tous les résultats voulus, il a fallu mener quatre essais qui se sont déroulés tout de suite après l'essai 1b

à l'aide du même matériel. Les méthodes d'essai ressemblaient à celles de l'essai 1b, sauf qu'au cours de chacun des essais, un ventilateur d'équilibrage a été arrêté et son registre de débit fermé (c'est-à-dire que cette composante n'a fait l'objet d'aucun équilibrage de pression). Les différences de pression d'un côté à l'autre de la composante en question ont été mesurées en même temps que celles enregistrées d'un côté à l'autre du mur extérieur. Ainsi a pu être établi le taux d'étanchéité à l'air de chaque composante du bâtiment en fonction de la différence de pression d'un côté à l'autre de cette composante, après avoir déduit du débit mesuré le taux d'étanchéité du mur extérieur de l'appartement à l'essai (déterminé par rapport à l'essai 1b).

Essai 1e : Étanchéité à l'air des cages d'escalier

La méthode de détermination de l'étanchéité à l'air des cages d'escalier a été relevée par Tamura et Shaw (1976). À l'exemple de l'essai 1a, la gaine d'aspiration du ventilateur est raccordée par un conduit à un panneau de contreplaqué remplaçant temporairement une porte de la cage d'escalier, alors que toutes les autres portes de la cage sont maintenues fermées.

Le débit d'air est mesuré en amont de la gaine d'aspiration du ventilateur à l'aide d'une paire de tubes d'équilibrage de pression totale. La différence de pression d'un côté à l'autre du mur de la cage a été mesurée au moins tous les deux étages, en insérant une sonde dans la cage par le jour au pourtour de la porte. Encore une fois, un manomètre électronique relié à un enregistreur à déroulement continu a permis de relever les valeurs, puis d'établir la différence de pression moyenne d'un côté à l'autre de la cage d'escalier. Le prélèvement des lectures de base tendant à tenir compte des effets atmosphériques (vent et tirage) s'est effectué comme pour l'essai 1a.

Essai 1f : Étanchéité à l'air des cages d'ascenseur

La méthode de détermination de l'étanchéité des cages d'ascenseur a également été relevée par Tamura et Shaw (1976). Même si elle se trouve dans le bâtiment à l'essai, la cage d'ascenseur n'a pas été soumise à l'essai pour les raisons invoquées précédemment; de toute façon, elle aurait nécessité le même appareillage et les mêmes méthodes que la cage d'escalier. Pour le déroulement des essais portant sur les cages d'ascenseur, un préposé doit immobiliser la cabine au fond de la cage et maintenir la porte du rez-de-chaussée ouverte pour qu'un panneau de porte en contreplaqué puisse y être fixé et, à l'instar de l'essai 1a, qu'un ventilateur y soit raccordé. Toutes les autres portes palières doivent demeurer fermées pendant la durée de l'essai.

Essai 1g : Étanchéité à l'air des murs extérieurs et du plancher/plafond d'étages particuliers

Tel qu'en fait foi la figure 5, la dépressurisation de l'étage à l'essai a été assurée par un ventilateur portatif à vitesse variable (Shaw 1980), d'un débit réglable entre 0 et 1 300 L/s. La gaine d'aspiration du ventilateur est raccordée par 7,3 m de conduits de 0,46 m de diamètre à un panneau de contreplaqué remplaçant temporairement la porte de la cage d'escalier de l'étage à l'essai. La porte d'escalier extérieure, située au rez-de-chaussée, est maintenue ouverte au cours de l'essai. Le débit d'air est ensuite mesuré en amont de la gaine d'aspiration du ventilateur avec une paire de tubes d'équilibrage de pression totale. La différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur a été mesurée à l'aide d'un manomètre électronique relié à un enregistreur à déroulement continu.

La mesure du taux d'étanchéité à l'air du mur extérieur a nécessité l'équilibrage des pressions de l'étage à l'essai et des étages au-dessus et en-dessous (figure 5) grâce à des ventilateurs distincts (fixés de façon semblable dans les portes des cages d'escaliers) dans le but de minimiser l'infiltration d'air par le plancher/plafond jusqu'à l'étage à l'essai. Les débits d'air passant par les ventilateurs d'équilibrage ont aussi été contrôlés par des registres manuels.

Pour mesurer l'étanchéité à l'air du plancher/plafond, deux autres essais ont immédiatement suivi. Au cours de chaque essai, un seul ventilateur d'équilibrage a été employé, de sorte que les pressions d'un côté à l'autre d'un seul plancher/plafond ont pu être équilibrées. La différence de pression de l'autre plancher/plafond a été mesurée en même temps que celle d'un côté à l'autre du mur extérieur. Le taux d'étanchéité mesuré lors des essais portant sur le plancher et le plafond comprend le taux d'étanchéité du mur extérieur de l'étage à l'essai. En connaissant la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur au cours de l'essai (cet élément pouvant se calculer à partir des résultats du premier essai), on peut établir le taux d'étanchéité à l'air du plancher et du plafond.

Essai 2 : Mesure de la différence de pression pour évaluer l'infiltration d'air (essai non effectué)

Le moyen le plus simple d'établir le taux d'infiltration d'air d'un appartement consiste à mesurer les différences de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur dans diverses conditions atmosphériques (Shaw et al. 1990). Ces données et le taux mesuré d'étanchéité à l'air du mur extérieur (déterminé lors de l'essai 1b) exprimé par C et n peuvent alors servir à calculer

le taux d'infiltration d'air d'après l'équation suivante :

$$q = C (\Delta P)^n$$

où

q = taux d'infiltration d'air, L/s
C = coefficient de débit d'air du mur extérieur de l'appartement à l'essai, $L/(s.Pa^n)$
P = différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur, Pa
n = exposant de débit

Cette méthode a déjà été vérifiée dans deux tours d'habitations (Shaw et al. 1990).

Essai 3 : Mesure des mouvements d'air

Pour déterminer la qualité des mouvements d'air (contaminant) à l'intérieur du bâtiment, l'introduction d'une faible quantité de gaz de traçage dans un endroit choisi (pièce, corridor des étages inférieurs, ou gaine verticale au sous-sol) au début de l'essai visait à créer un point d'origine. Tout de suite après, les concentrations du gaz de traçage ont été mesurées à intervalles de 15 minutes dans différentes zones du bâtiment (figure 3). Puis les concentrations mesurées à chaque point d'échantillonnage ont été reportées sur un graphique en fonction de la durée de l'essai. Les résultats obtenus ont permis d'indiquer les directions des mouvements d'air à l'intérieur du bâtiment.

Essai 4 : Infiltration d'air et distribution de l'air extérieur

La méthode propre à mesurer l'infiltration d'air et à déterminer la distribution de l'air extérieur par le système de chauffage et de ventilation du bâtiment correspond à celle qui a été adoptée lors des essais concernant les mouvements d'air, sauf que le gaz de traçage a été introduit dans le conduit d'alimentation en air. Comme nous l'avons déjà mentionné, le taux d'infiltration d'air de ce bâtiment n'a pas pu être mesuré puisque le gaz de traçage ne s'est pas suffisamment mêlé à l'air ambiant, situation attribuable à l'absence de registres d'admission d'air et de grilles d'air de reprise dans les appartements.

RÉSULTATS ET EXPOSÉ

Après la mise au point des méthodes d'essai, on a mesuré l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, de dix appartements, de trois étages et des deux cages d'escaliers, puis les mouvements d'air à l'intérieur du bâtiment en vue de déceler les diverses sources de contamination.

Étanchéité à l'air

1. Ensemble du bâtiment

La figure 6 indique le taux global d'étanchéité à l'air par unité de surface du mur extérieur du bâtiment à l'essai, ainsi que le taux global d'étanchéité à l'air obtenu moyennant le système de chauffage et de ventilation. Les résultats révèlent que le système n'est pas parvenu à susciter une différence de pression suffisante d'un côté à l'autre du mur extérieur, pour les besoins de cet essai.

Pour fins de comparaison, le taux global d'étanchéité à l'air de trois autres immeubles d'appartements est également relevé à la figure 6. En fait, les bâtiments A, D et V comportent respectivement 5, 14 et 17 étages. Les résultats indiquent que le taux global d'étanchéité à l'air du bâtiment à l'essai est sensiblement le même que celui du bâtiment V, et de 60 p. 100 et 100 p. 100 supérieur à celui des bâtiments A et D, à des pressions de 50 et 10 Pa respectivement.

2. Appartements particuliers

La figure 7 représente le taux global d'étanchéité à l'air de chacun des dix appartements du troisième étage. La valeur indiquée tient compte de celle du mur extérieur, du mur du corridor, des cloisons intérieures gauche et droite ainsi que des planchers/plafonds. D'après un échantillon de dix, le taux global d'étanchéité à l'air peut fluctuer autant que de 100 p. 100 par rapport à la plus faible valeur.

Sous réserve des restrictions précitées, six des appartements ont été soumis à la gamme complète d'essais visant à déterminer l'étanchéité à l'air des cloisons intérieures, du plancher/plafond et du mur extérieur (mur du corridor compris). Les figures 8 et 9 illustrent les résultats types obtenus de deux appartements. Dans les deux cas, la somme des taux d'étanchéité des composantes individuelles équivaut sensiblement au taux global mesuré individuellement (à partir de la figure 7).

Le taux normalisé d'étanchéité à l'air du mur extérieur relevé à l'égard des appartements du troisième étage (figure 10a) englobe les fuites d'air par le mur de corridor. Les valeurs individuelles surpassent ainsi les taux établis pour le mur extérieur du troisième étage dans l'ensemble (déterminé à partir de l'essai 1g, également illustré à la figure 10a). Nous avons tenté d'extraire le taux d'étanchéité à l'air du mur du corridor des résultats individuels en soustrayant la valeur moyenne des cloisons de gauche et de droite (vu que le mur du corridor est construit de la même manière que les cloisons de gauche et de droite). La figure 10a indique que ces valeurs «corrigées» d'étanchéité à l'air du mur extérieur concordent mieux avec les observations concernant l'essai 1g. La valeur inférieure enregistrée à l'égard de l'étage au complet s'explique par le

fait que nous n'avons pas pu obtenir de résultats des appartements d'angle. Étant donné que les portes-fenêtres et les fenêtres offrent une bien moindre étanchéité à l'air que les murs opaques (Shaw 1980) et que les appartements d'angle présentent une surface de mur opaque supérieure aux autres logements, on peut vraisemblablement s'attendre à ce que la valeur normalisée d'étanchéité à l'air du mur extérieur des appartements d'angle soit inférieure à celle des autres appartements. D'après l'échantillon de six appartements mis à l'essai, la valeur la plus forte enregistrée à l'égard du mur extérieur (app. 301) correspondait environ au double de la plus faible (app. 306).

La contribution des murs ainsi que du plancher/plafond à la valeur globale d'étanchéité à l'air a été étudiée dans dix appartements. La figure 11 illustre le taux d'étanchéité des cloisons de chaque appartement, exprimé en pourcentage de la valeur globale d'étanchéité à l'air. Comme les appartements 303 et 310 n'ont pas fait l'objet d'essais, l'étanchéité des murs extérieurs des appartements voisins (302, 304, 309 et 311) n'a pu être établie. À noter que la valeur relevée quant aux murs extérieurs a été corrigée pour prendre en compte les fuites d'air du corridor. À une différence de pression de 50 Pa, les murs extérieurs constituent le principal élément de fuite, au point de représenter autant que 60 p. 100 de la valeur globale. Suivent les cloisons de droite (25 p. 100), les cloisons de gauche (21 p. 100), le plancher (19 p. 100) et le plafond (10 p. 100).

3. Étages particuliers

La figure 12 montre le taux d'étanchéité à l'air des murs extérieurs des 2^{e}, 3^{e} et 4^{e} étages. Encore une fois, les résultats reproduits sous forme graphique ont été normalisés en fonction de la surface du mur extérieur. Les résultats témoignent que l'étanchéité à l'air du mur extérieur varie d'un étage à l'autre. Pour fins de comparaison, nous faisons état du taux d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment. Tel qu'indiqué, le taux global correspond sensiblement à celui du 2^{e} étage, mais s'avère de beaucoup inférieur à celui des deux autres étages, puisqu'une importante partie du rez-de-chaussée, occupée par les commerces, est séparée du bâtiment (aucune porte ne faisant communiquer le bâtiment avec les locaux commerciaux). Par conséquent, le débit d'air enregistré à travers le mur extérieur du rez-de-chaussée se révélerait plus faible qu'aux étages supérieurs. En revanche, cela donnerait lieu à une moindre valeur d'étanchéité globale au moment de la normaliser en fonction de la surface du mur extérieur de tout le bâtiment, y compris la surface du mur séparant les locaux commerciaux du bâtiment.

La figure 13 reproduit le taux d'étanchéité à l'air du plancher/plafond du rez-de-chaussée (plafond seulement), des 2^{e}, 3^{e} et 4^{e} étages. Deux essais ont porté sur la séparation entre, d'une part, le 2^{e} et le 3^{e} et, d'autre part, entre le 3^{e} et le 4^{e} étages (la dépressurisation étant assurée au-dessus et en-dessous). Les valeurs indiquées sont en fait les moyennes

établies par suite des deux essais. Tous les résultats ont été normalisés en fonction de la surface de plancher de chaque étage. Les données obtenues à l'égard des deux séparations affichent une variabilité relativement élevée par rapport aux résultats d'étanchéité à l'air du mur extérieur, étant donné que ces derniers étaient environ neuf fois supérieurs aux premiers. Comme les valeurs d'étanchéité du plancher/plafond ont été obtenues indirectement en soustrayant le débit d'air du mur extérieur de la valeur globale, une petite erreur de mesure fausse grandement la valeur d'étanchéité à l'air du plancher/plafond.

4. Cages d'escalier

L'étanchéité à l'air des deux cages d'escalier est reproduite à la figure 14. La cage sud, donnant accès au toit, affiche 40 p. 100 plus de fuites d'air que la cage nord.

Mouvements de l'air

1. Dispersion du contaminant

Les figures 15 à 20 inclusivement illustrent comment se disperse un contaminant depuis son point d'origine jusqu'aux autres zones du bâtiment. Pour les besoins de cet exemple, le gaz de traçage a été introduit dans le local de réception des ordures du rez-de-chaussée. Pendant l'essai, le vent soufflait du sud à une vélocité de 17 km/h et la température extérieure marquait 11 °C. Les résultats indiquent que, tout de suite après avoir introduit le gaz de traçage, sa concentration a rapidement augmenté dans le corridor de tous les étages. Sa concentration s'est aussi accrue dans les appartements, mais plus lentement. Le contaminant (en l'occurrence, le gaz de traçage) s'est donc répandu par effet de tirage dans le corridor de tous les étages en empruntant le vide-ordures ainsi que les cages d'escalier et d'ascenseur, et de là, jusque dans les appartements. En raison du vent qui soufflait du sud, le contaminant s'est infiltré en plus grande quantité dans les appartements du nord-est que dans ceux du sud-ouest. Les concentrations relevées à la plupart des points d'échantillonnage ont atteint leur valeur de pointe environ 40 minutes après l'introduction du gaz de traçage.

L'essai a également été mené en juin de façon à minimiser l'effet de tirage. Pendant le déroulement de l'essai, le vent soufflait du sud à une vélocité de 6 km/h et la température extérieure était de 22 °C. La figure 21 trace le profil des concentrations du 3^{e} étage. À l'exemple des résultats obtenus en hiver, le contaminant s'est rapidement dispersé dans le corridor, puis dans les appartements, mais à un rythme généralement plus lent qu'en hiver. L'appartement 311 s'est caractérisé par une forte concentration de gaz de traçage, situation probablement imputable au fonctionnement du ventilateur d'extraction au début de l'essai, lequel aurait favorisé l'aspiration du contaminant en provenance du vide-ordures (voisin de l'appartement 311) jusque dans le corridor et de là, dans l'appartement. Tel qu'indiqué, la

concentration a atteint rapidement celle des autres appartements 20 minutes après l'introduction du gaz de traçage. Ces résultats font ressortir que tout contaminant introduit dans le vide-ordures emprunterait cette voie en direction des appartements, en passant par les corridors. L'ampleur et le taux de dispersion dépendent de la vélocité et de la direction du vent, de l'effet de tirage de même que du fonctionnement des ventilateurs d'extraction des appartements.

L'essai a été répété trois fois en hiver, l'origine de la contamination variant chaque fois (salle de réception, local mécanique et hall d'entrée), mais livrant toujours des résultats semblables.

2. Infiltration d'air et distribution de l'air extérieur au moyen de l'installation de ventilation

Trois essais ont eu lieu, chacun se déroulant dans des conditions atmosphériques différentes. Les figures 22 à 27 inclusivement, chacune représentant un étage ou niveau, y compris le sous-sol, livrent un exemple des résultats d'essai. Le gaz de traçage a été introduit dans le conduit d'alimentation en air de l'installation de chauffage et de ventilation. Pendant le déroulement de l'essai, le vent soufflait de l'ouest à une vélocité de 24 km/h, alors que la température extérieure s'établissait à -16 °C. Les résultats (par exemple, appartements 302 et 308, figure 25) corroborent la distribution inégale même au sein d'un étage donné et le rythme variable de désintégration des concentrations à différents endroits. Il n'a donc pas été possible d'obtenir un taux d'infiltration d'air significatif pour l'ensemble du bâtiment à partir des concentrations mesurées.

Les concentrations de gaz de traçage relevées donnent toutefois une bonne indication du mode de distribution de l'air extérieur au moyen de l'installation de chauffage et de ventilation. Tel qu'indiqué, le gaz de traçage s'est rapidement dispersé dans les corridors d'abord, puis dans les appartements. Les résultats accusent également une forte différence de concentration de gaz de traçage entre l'appartement 202 (2^{e} étage) et l'appartement 502 (5^{e} étage, directement au-dessus de l'appartement 202), les deux logements étant situés du côté sud-ouest du bâtiment. Par contre, au 2^{e} étage, le vent de l'ouest et l'effet de tirage, contribuant l'un et l'autre à accroître l'infiltration d'air à travers le mur extérieur, exercaient une action suffisamment forte pour empêcher l'air du corridor de s'infiltrer dans l'appartement 202. Au 5^{e} étage, comme le vent et l'effet de tirage s'annulent l'un l'autre, l'infiltration d'air était trop infime pour produire un effet quelconque sur la pression à l'intérieur de l'appartement, de sorte que l'infiltration de l'air du corridor dans l'appartement a vite fait augmenter la concentration du gaz de traçage.

La comparaison des résultats de cet essai et de l'essai de dispersion du contaminant révèle que lorsque le gaz de traçage a

été principalement distribué par l'installation de chauffage et de ventilation du bâtiment, sa concentration relevée à presque tous les points d'échantillonnage a atteint sa valeur de pointe environ 20 minutes après avoir été introduit, soit à peu près deux fois plus rapidement que lorsque le gaz a emprunté une gaine verticale comme le vide-ordures ou une cage d'escalier.

Les résultats font ressortir que l'installation de chauffage et de ventilation du bâtiment distribue efficacement l'air extérieur dans le corridor de chaque étage, mais que sa capacité ne suffirait peut-être pas à pulser l'air du corridor jusque dans tous les appartements. Par conséquent, dans certaines conditions atmosphériques, les odeurs de cuisson ou d'autres contaminants produits à l'intérieur des appartements des étages inférieurs risqueraient d'atteindre d'autres appartements en empruntant les cages d'escalier ou d'autres gaines verticales. Par temps venteux, spécialement si les vents soufflent du nord-est ou du sud-ouest, les contaminants pourraient traverser le corridor jusqu'aux appartements situés du côté sous le vent.

CONCLUSION

Toute une gamme de méthodes d'essai ont été mises au point dans le but de mener une étude systématique de l'étanchéité à l'air et des mouvements de l'air dans les immeubles d'appartements de grande hauteur. La réussite de l'application des méthodes d'essai a permis de mesurer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, des murs extérieurs de chaque étage ainsi que des cloisons intérieures d'un bâtiment de cinq étages. L'étude des mouvements d'air du bâtiment a permis de découvrir, d'une part, comment un contaminant se déplace depuis son point d'origine jusqu'à d'autres endroits et, d'autre part, comment l'installation de chauffage et de ventilation distribue l'air extérieur.

À la vérification des méthodes d'essai sur les lieux du bâtiment de cinq étages, il est apparu manifeste que la réussite des méthodes dépendait largement de la collaboration des occupants de l'immeuble. En effet, sans leur entière coopération, certains essais proposés ne pouvaient pas avoir lieu. Ainsi, par exemple, l'étanchéité à l'air des murs de corridor n'a pu être mesurée directement, vu l'impossibilité de mettre en place une cloison temporaire dans le corridor à l'extérieur de l'appartement à l'essai. L'absence de cette cloison ne permettait pas d'équilibrer les pressions de l'appartement d'essai et du corridor de façon à minimiser le mouvement d'air depuis le mur du corridor jusque dans l'appartement en cause. C'est pourquoi le taux d'étanchéité à l'air consigné à l'égard du mur extérieur des appartements tient compte des fuites à travers le mur du corridor.

Le recours à la méthode de désintégration du gaz de traçage pour mesurer le taux d'infiltration d'air de l'ensemble du bâtiment n'a pas été couronné de succès. L'installation de

chauffage et de ventilation n'a pas permis de mesurer avec succès l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Ces conclusions tiendraient probablement dans le cas d'autres immeubles d'appartements équipés d'un système de chauffage et de ventilation semblable.

BIBLIOGRAPHIE

1. Shaw, C.Y., Sander, D.M. et Tamura, G.T., 1973, «Air Leakage Measurements of the Exterior Walls of Tall Buildings», ASHRAE Transactions, v79, II.

2. Shaw, C.Y., 1980, «Methodes for Conducting Small-Scale Pressurization Tests and Air Leakage Rate of Multi-Storey Apartment Buildings», ASHRAE Transactions, v.86, I.

3. Shaw, C.Y., Gasparetto, S. et Reardon, J.T., 1990, «Methods for Measuring Air Leakage in High-Rise Apartments», STP 1067, Air Change Rate and Air Tightness in Buildings, ASTM.

4. Tamura, G.T. et Shaw, C.Y., 1976, «Air Leakage Data for the Design of Elevator and Stair Shaft Pressurization Systems», ASHRAE Transactions, v.82, II.

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont redevables à la Société canadienne d'hypothèques et de logement, au Centretown Citizen's (Ottawa) Corporation (CCOC), aux locataires du bâtiment d'essai et aux membres du Comité de locataires du CCOC, et en particulier Monsieur Glen Dunning et ses employés pour leur aide au cours des essais, puisque leur esprit de collaboration a permis de mener l'étude à terme. Les auteurs tiennent également à souligner le concours de J.T. Reardon, L.-P. Chabot et L. Sanscartier pendant les essais à pied d'oeuvre et le traitement des données.

ANNEXE

MÉTHODES D'ESSAI DÉTAILLÉES POUR MESURER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET LES MOUVEMENTS D'AIR DANS LES IMMEUBLES D'APPARTEMENTS DE GRANDE HAUTEUR

Essai 1 : Essai de pressurisation par ventilateur et de pressurisation équilibrée par ventilateur pour mesurer l'étanchéité à l'air

Essai 1a : Étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment

a) Plan d'essai

- Effectuer une inspection des lieux et consigner les points suivants :

Bâtiment

- L'âge
- Le genre de construction
- Le nombre d'étages
- Le périmètre (m)
- La hauteur (m)
- Le plan d'étage type
- Les appartements :
  - ventilateur d'extraction de la cuisine
  - ventilateur d'extraction de la salle de bain
  - climatiseurs d'appartement
- Le système de ventilation : l'emplacement des :
  - ventilateurs d'extraction et des commandes
  - ventilateurs d'approvisionnement et des commandes
  - prises d'air frais
  - conduits d'évacuation d'air
  - conduits d'admission d'air et des grilles
  - conduits de reprise d'air et des

grilles.

- L'emplacement des trappes ou portes d'accès au toit.
- L'emplacement de toutes les gaines verticales (ascenseur, vide-ordures, etc.).
- Le jeu (cm) sous les portes d'appartements donnant sur le corridor.
- Le jeu (cm) sous les portes intérieures communiquant avec la zone périphérique du bâtiment.
- La présence de murs, d'un plafond ou d'un plancher communs avec les pièces voisines qui ne sont pas soumises à la vérification.
- Les accès au garage souterrain.

Conditions propices au déroulement des essais

- La porte extérieure donnant accès à la cage d'escalier (et à la cage d'ascenseur, selon le cas) en vue d'y raccorder le ventilateur de pressurisation.
- Les dimensions de la porte se prêtent à l'installation du ventilateur.
- L'aire extérieure à proximité de la porte se prête à l'installation du ventilateur (y compris les conduits et une génératrice s'il le faut).
- En présence de plusieurs escaliers, le raccordement au rez-de-chaussée entre deux cages d'escalier.
- L'interdiction de circuler pendant le déroulement des essais.
- L'ouverture du bâtiment.
- L'accès à l'extérieur pour l'installation des prises de pression.
- La collaboration des locataires et la nécessité de les avertir avant le début des essais.
- La disponibilité du gérant de l'immeuble pour les préparatifs d'essai et la gestion.
- L'espace pour ranger l'équipement entre les essais.

b) Préparatifs

- Consulter la figure A1.

- Arrêter tous les ventilateurs d'extraction et tous les climatiseurs.

- Consulter la compagnie de gaz quant au fonctionnement de la veilleuse des appareils alimentés au gaz.

- Fermer et verrouiller toutes les portes extérieures et fenêtres des appartements.

- Enlever ou sceller tous les climatiseurs d'appartement.

- Fermer les registres et sceller, dans la mesure du possible, toutes les grilles d'évacuation de l'enveloppe du bâtiment.

- Ouvrir toutes les portes intérieures donnant accès aux cages d'escalier.

- Pour toutes les pièces soumises à l'essai : vérifier le jeu sous les portes faisant communiquer les pièces avec le corridor et, le cas échéant, retirer tout ce qui constitue une obstruction.

- Si le jeu est inférieur à 2 cm, ouvrir légèrement la porte (un jeu de 2 cm est requis pour assurer un mouvement d'air libre entre l'appartement et le corridor).

- Installer le ventilateur et l'appareil de mesure du débit suivant les principes fondamentaux préconisés par ASHRAE ou la norme CAN/CGSB-149.10-M86 (compte tenu de la capacité, peut-être faudra-t-il recourir à plusieurs ventilateurs). Veiller à ce que l'installation et le fonctionnement du ventilateur (des ventilateurs) respectent le calibrage.

- Aménager des prises de pression (tubes de tygon de 48 mm de diamètre intérieur; tubes de cuivre aplatis sous les portes ou fenêtres, s'il le faut) aux points médians des quatre murs extérieurs, à au moins 2 m au-dessus du niveau du sol, dans la mesure du possible. Toutes les extrémités taillées d'équerre doivent pointer vers le haut ou le bas (consulter la norme CAN/CGSB-149.10-M86).

- Placer les prises de pression au centre du rez-de-chaussée et du dernier étage.

- Placer une prise de pression près du centre du toit.

- Protéger toutes les prises de pression intérieures et extérieures de l'influence du ventilateur.

- Mettre en place le matériel de mesure de la différence de pression entre :

    i) l'extérieur du rez-de-chaussée raccordé au collecteur et le corridor du rez-de-chaussée;

ii) le toit et le corridor du dernier étage.

- Sceller le panneau de porte et tous les raccordements au ventilateur.

- Si le bâtiment d'essai comporte des portes communes donnant accès à des pièces contiguës, à un bâtiment ou à un tunnel non visés par les essais, fermer les portes et en sceller l'ouverture avec du ruban ou une feuille de plastique.

c) Inspection du matériel d'essai installé

- Relever visuellement toute anomalie.

- Vérifier visuellement l'installation selon le devis du fabricant.

- Inspecter le panneau de porte et le scellement du ventilateur.

- Mettre tout dispositif de niveau, le cas échéant.

- Remettre à zéro tous les indicateurs.

d) Convenance des conditions atmosphériques (sur les lieux ou à la station météorologique la plus proche)

- Écart de température : $(t_{in} - t_{out}) < 10°K$.

- Vélocité du vent : < 20 km/h.

e) Méthode d'essai

- Arrêter le fonctionnement de l'installation de ventilation du bâtiment et fermer les registres d'admission d'air frais.

- Consigner la date et le début de l'essai.

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,i}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,i}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,i}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{W,i}$

  - la pression atmosphérique ambiante intiale, $P_{a,i}$ (kPa).

- Inspecter l'extérieur du bâtiment : s'assurer que toutes les fenêtres et portes extérieures sont bien fermées.

- Remettre à zéro les instruments de mesure de pression.

- Sceller toute ouverture du ventilateur de pressurisation et consigner les différences de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe au rez-de-chaussée et au niveau du toit, soit respectivement $\Delta P_{1,i}$ et $\Delta P_{2,i}$.

- Désceller le ventilateur, puis le mettre en marche.

- Régler le débit d'air de façon à créer une différence de pression d'environ 50 Pa d'un côté à l'autre de l'enveloppe (uniquement au rez-de-chaussée).

- Laisser la situation se stabiliser.

- Mesurer et consigner :

  - le débit d'air, Q (L/s) à l'endroit du ventilateur

  - les différences de pression, ΔP_1 et ΔP_2 (Pa) que subit l'enveloppe du bâtiment au rez-de-chaussée et au niveau du toit respectivement

  - la température de l'air à la gaine d'aspiration du ventilateur, t_{fan} (°C).

- Amener la différence de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe à environ 40 Pa et mesurer de niveau.

- Répéter l'opération à des différences de pression d'environ 30, 20, 15 et/ou 10 Pa (dans cette séquence).

- Arrêter le fonction du (des) ventilateur(s), puis le(s) sceller et consigner les dernières différences de pression d'un côté à l'autre de l'enveloppe, $\Delta P_{1,f}$ et $\Delta P_{2,f}$ (Pa).

- Inscrire le moment de l'achèvement de l'essai.

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,f}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,f}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,f}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{W,f}$

  - la pression atmosphérique ambiante, $P_{a,f}$ (kPa).

- Réinspecter l'extérieur du bâtiment : vérifier que toutes les fenêtres et portes extérieures sont toujours bien fermées (prendre note de tout cas d'exception; répéter l'essai, au besoin; l'idéal serait de soumettre les fenêtres et les portes à une vérification continue tout au long de l'essai).

f) Analyse des données

- Correction des lectures de pression

1. Différence de pression fondamentale de l'enveloppe au rez-de-chaussée

$$\Delta P_{1,b} = \frac{(\Delta P_{1,i} + \Delta P_{1,f})}{2}$$

2. Différence de pression fondamentale de l'enveloppe au niveau du toit

$$\Delta P_{2,b} = \frac{(\Delta P_{2,i} + \Delta P_{2,f})}{2}$$

3. Différence de pression corrigée de l'enveloppe au rez-de-chaussée

$$\Delta P^*_1 = (\Delta P_1 - \Delta P_{1,b})$$

4. Différence de pression corrigée de l'enveloppe au niveau du toit

$$\Delta P^*_2 = (\Delta P_2 - \Delta P_{2,b})$$

5. Différence de pression moyenne corrigée de l'enveloppe

$$\Delta P^* = \frac{(\Delta P^*_1 = \Delta P^*_2)}{2}$$

- Correction du débit d'air mesuré

- Corriger les valeurs Q (Q^*) selon le mode opératoire de la norme CAN/CGSB-149.10-M86.

- Tracer le graphique : Q^* et ΔP^*.

- À titre de mesure facultative, normaliser le taux d'étanchéité en fonction de la surface du mur extérieur, S.

- Tracer le graphique : (Q^*/S) et ΔP^*.

Essai 1b : Étanchéité à l'air du mur extérieur d'appartements particuliers

a) Préparatifs

- Se référer à la figure 4.

- Bien fermer toutes les fenêtres et les portes extérieures, arrêter le fonctionnement, le cas échéant, des ventilateurs d'extraction de la cuisine et de la salle de bain de l'appartement d'essai et des appartements de part et d'autre de même qu'au-dessus et en-dessous (les appartements «d'équilibrage»).

- Enlever ou sceller les climatiseurs de l'appartement d'essai et des appartements «d'équilibrage».

- Placer une prise de pression sur la surface extérieure de la fenêtre de la salle de séjour de l'appartement d'essai (la prise de pression doit pointer vers le haut ou vers le bas; consulter la norme CAN/CGSB-149.10-M86); indiquer sur la prise Mur extérieur.

- Placer une prise de pression au centre de l'appartement d'essai, puis la désigner comme pression de référence.

- Placer des prises de pression au centre de chacun des appartements d'équilibrage et dans le corridor à l'extérieur de l'appartement d'essai, et les caractériser comme suit :

  i) appartement de gauche

  ii) appartement de droite

  iii) appartement au-dessus

  iv) appartement en-dessous

  v) corridor.

- Remplacer par un panneau de contreplaqué la portée d'entrée de chacun des cinq appartements.

- Raccorder les prises de pression du mur extérieur, du corridor et des appartements d'équilibrage de façon à séparer les dispositifs de mesure (voir figure 4).

- Raccorder la prise de pression de référence (depuis l'intérieur de l'appartement d'essai) au côté de référence de chacun des six dispositifs de mesure de pression.

- Raccorder à chaque panneau d'essai un ventilateur et un régulateur de débit.

- Raccorder au ventilateur le matériel de mesure du débit.

- Placer les dispositifs de mesure de la pression i-iv tout juste à côté des régulateurs correspondants.

- Mettre en service le système de collecte des données de manière à consigner les écarts de pression et les débits de l'appartement d'essai.

- Sceller tous les panneaux de porte et les raccordements au ventilateur.

- Dans la mesure du possible, placer deux membres de l'équipe préposée aux essais à l'endroit des ventilateurs d'équilibrage situés dans les appartements au-dessus et en-dessous de l'appartement d'essai. Pendant le déroulement de l'essai, communiquer les instructions d'équilibrage et le relevé des données par voie d'émetteur-récepteur (vérifier que le fonctionnement de l'émetteur-récepteur n'entrave pas la bonne marche des instruments).

b) Méthode d'essai

- Consigner la date et le début de l'essai

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,i}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,i}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,i}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{W,i}$

  - la pression atmosphérique ambiante initiale, $P_{a,i}$ (kPa).

  (Nota : Les conditions atmosphériques s'obtiennent de la station météorologique locale; la pression exprimée en P_a ne doit pas être redressée en fonction du niveau de la mer)

- Remettre à zéro les instruments de mesure de la pression.

- Tous les ventilateurs arrêtés, sceller toute ouverture du ventilateur et consigner les différences de pression initiales de base (extérieure $\Delta P_{ew,i}$, app. de gauche $\Delta P_{l,i}$, app. de droite $\Delta P_{r,i}$, app. en-dessous $\Delta P_{f,i}$, app. au-dessus $\Delta P_{c,i}$, et corridor $\Delta P_{corr,i}$.

- Désceller tous les ventilateurs, puis les mettre en état de marche.

- Régler le débit du ventilateur jusqu'à ce que la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur de l'appartement d'essai, ΔP_{ew}, atteigne environ 50 Pa.

- Régler les ventilateurs d'équilibrage jusqu'à ce que la différence de pression de part et d'autre de toutes les cloisons indique 0 ± 1 Pa. (Nota : De fréquents réglages peuvent s'imposer pour maintenir la pression ΔP_{ew} au niveau voulu pendant l'équilibrage).

- Laisser le temps aux pressions et aux débits de s'équilibrer.

- Consigner toutes les pressions (ΔP_{ew}, ΔP_{l}, ΔP_{r}, ΔP_{f}, ΔP_{c}, $DP_{corr,i}$).

- Consigner le taux de débit du mur extérieur, Q_{ew}, mesuré grâce au ventilateur mis en place dans l'appartement d'essai.

- Consigner la température de l'air à la gaine d'aspiration du ventilateur, t_{fan} (°C).

- Amener la pression ΔP_{ew} à environ 40 Pa.

- Procéder au rééquilibrage et repéter les mesures.

- Répéter l'opération à l'égard de la pression ΔP_{ew} à environ 30, 20, 15 et/ou 10 Pa (dans cette séquence).

- Arrêter le fonctionnement de tous les ventilateurs et en sceller l'ouverture.

- Consigner les différences de pression finales ($\Delta P_{ew,f}$, $\Delta P_{l,f}$, $\Delta P_{r,f}$, $\Delta P_{f,f}$, $\Delta P_{c,f}$, $DP_{corr,i}$).

c) <u>Analyse des données</u>

- Corriger la différence de pression mesurée d'un côté à l'autre du mur extérieur selon le mode opératoire de l'essai 1a (pour obtenir ΔP^{*}_{ew}).

- Corriger Q_{ew} selon le mode opératoire prévu dans la norme CAN/CGSB-149.10-M86, s'il le faut.

- Tracer le graphique Q^{*}_{ew} et ΔP^{*}_{ew}.

Essais 1c et 1d Étanchéité à l'air des murs communs et du plancher/plafond séparant le logement à l'essai des appartements voisins

a) Préparatifs et mode opératoire

- Le programme comporte quatre essais : un essai pour chacune des cloisons séparant l'appartement d'essai et les appartements «d'équilibrage» voisins. Un essai supplémentaire s'impose s'il faut établir le taux d'étanchéité à l'air de la cloison du corridor.

- Suivre, pour chacun des essais, les instructions touchant l'essai 1b, sauf :

  - arrêter le fonctionnement du ventilateur (et en sceller l'ouverture) de l'appartement d'essai en ce qui concerne la composante à soumettre à l'essai;

  - s'en tenir aux directives visant l'essai 1b et équilibrer les trois autres appartements;

  - consigner les différences de pression de part et d'autre de toutes les cloisons (ΔP_x);

  - consigner le débit mesuré à l'endroit du ventilateur de l'appartement d'essai (Q_{mx}, où x = 1, r, f ou c, selon la composante non équilibrée).

  (Nota : Q_{mx} représente le taux combiné d'étanchéité à l'air du mur extérieur et de la cloison non équilibrée de l'appartement d'essai).

b) Analyse des données

- Consulter la figure A2; pour chaque cloison.

- Tracer le graphique Q_{ew} et ΔP^*_{ew} (d'après les résultats de l'essai 1b).

- Dans le même graphique : Q_{mx} et $(\Delta P^*_{ew})_{mx}$

  où $(\Delta P^*_{ew})_{mx}$ équivaut à la pression corrigée enregistrée d'un côté à l'autre du mur extérieur pendant la mesure de Q_{mx})

- Pour chaque $(\Delta P^*_{ew})_{mx}$, établir à partir du graphique, la différence, Q_x (où x = 1, r, f, c ou corr, suivant la composante non équilibrée), entre le débit du mur extérieur et le débit combiné du mur extérieur et de la cloison non équilibrée (voir figure A2).

- Tracer le graphique Q_x et ΔP_{mx}.

À noter que ΔP_{mx} et $(\Delta P^{*}_{ew})_{mx}$ ont été mesurées simultanément.

Essais 1e et 1f : Étanchéité à l'air des cages d'ascenseur et des cages d'escalier

a) Préparatifs

- Fixer le panneau de contreplaqué dans la baie de la porte de la cage à mettre à l'essai :
  - cage d'escalier : fixer le panneau à l'entrée extérieure de la cage ou dans une baie qui communique par le corridor avec une porte extérieure;
  - cage d'ascenseur : indiquer au technicien d'ascenseur d'amener la cabine à son point le plus bas, d'ouvrir les portes du rez-de-chaussée et de mettre en place le panneau dans la baie. Vérifier si le toit ou le plancher de la cage d'ascenseur comporte des ouvertures à sceller (ou à dimensionner pour établir leur contribution estimative).
- Fixer le ventilateur au panneau de porte.
- Mettre en service le matériel de mesure du débit.
- Sceller le panneau de porte et le raccordement du ventilateur.
- Installer des prises de pression par paire de part et d'autre de la baie de la cage :
  - pour les bâtiments de 5 étages ou moins : une paire à chaque étage;
  - pour les bâtiments de plus de 5 étages : 5 paires également distancées;

  (Protéger toutes les prises de pression de l'influence du ventilateur.)
- Raccorder les paires de prises de pression aux instruments de mesure.
- Vérifier la présence de toute porte ou trappe d'accès au toit dans la cage et, le cas échéant, bien la fermer.
- Bien fermer toute porte de la cage.
- Afficher des panneaux avertissant que des essais se déroulent à tous les accès aux cages.
- Ouvrir la porte du corridor donnant à l'extérieur, s'il le faut.

- Cages avec un (des) mur(s) extérieur(s)

b) Méthode d'essai

- Consigner la date et le début de l'essai.

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,i}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,i}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,i}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{w,i}$

  - la pression atmosphérique ambiante initiale, $P_{a,i}$ (kPa).

  (Nota : Les conditions atmosphériques s'obtiennent de la station météorologique locale; la pression exprimée en P_a ne doit pas être redressée en fonction du niveau de la mer).

- Remettre à zéro tous les instruments de mesure de la pression.

  (Nota : Pour toute mesure de pression, laisser écouler suffisamment de temps pour que la lecture enregistrée se situe en deçà de 1 Pa de sa valeur stable).

- Sceller l'ouverture du ventilateur d'extraction et consigner la différence de pression d'un côté à l'autre de la cage, $\Delta P_{x,i}$ (où x = 1 à 5).

- Désceller le ventilateur et mettre le ventilateur en état de marche.

- Régler le débit de façon à susciter une différence de pression (au rez-de-chaussée) d'environ 50 Pa d'un côté à l'autre de la cage.

- Laisser la situation se stabiliser.

- Mesurer et consigner :

  - le débit d'air, Q_s (L/s), à l'endroit du ventilateur

  - les différences de pression, ΔP_x (Pa) d'un côté à l'autre de la cage

  - la température de l'air à la gaine d'aspiration du ventilateur, t_{fan} (°C).

- Régler Q_s (L/s) de manière à obtenir une différence de pression moyenne d'environ 40 Pa et remesurer.

- Répéter la même opération à des différences de pression moyenne d'environ 30, 20, 15 et/ou 10 Pa (dans cette séquence).

- Arrêter le fonctionnement du ventilateur et le sceller.

- Consigner les différences de pression finales d'un côté à l'autre de la cage, $\Delta P_{x,f}$ (Pa).

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,f}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,f}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,f}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{w,f}$

  - la pression atmosphérique ambiante, $P_{a,f}$ (kPa).

c) <u>Analyse des données</u>

Corriger Q_s selon le mode opératoire prévu dans la norme CAN/CGSB-149.10-M86, s'il le faut (pour obtenir Q^*_s).

- Corriger les différences de pression mesurées selon le mode opératoire établi à l'égard de l'essai 1a (pour obtenir ΔP^*_x).

- Calculer la différence de pression moyenne corrigée d'un côté à l'autre de la cage, ΔP^*_s pour chaque débit.

- Tracer le graphique : Q^*_s et ΔP^*_s).

Essai 1g : Étanchéité à l'air du mur extérieur et du plancher/plafond d'étages particuliers

a) Préparatifs

- Bien fermer toutes les fenêtres et portes extérieures et arrêter le fonctionnement de tous les ventilateurs d'extraction de cuisine et de salle de bain de l'étage à l'essai ainsi que des étages au-dessus et en-dessous (les étages «d'équilibrage»).

- Enlever ou sceller tous les climatiseurs d'appartement de l'étage à l'essai et des étages d'équilibrage.

- Mettre les prises de pression sur la face extérieure des fenêtres aux points médians des quatre murs extérieurs de l'étage à l'essai et les réunir au collecteur (les prises doivent pointer vers le haut ou vers le bas; consulter la norme CAN/CGSB-149.10-M86).

- Mettre les prises de pression au centre du corridor de l'étage à l'essai et des étages d'équilibrage.

- Relier les instruments de mesure permettant de vérifier les différences de pression entre le centre de l'étage à l'essai et :

  i) les prises du mur extérieur de l'étage à l'essai reliées au collecteur (ΔP_{ew});

  ii) le centre de l'étage au-dessus de l'étage à l'essai (ΔP_a);

  iii) le centre de l'étage en-dessous de l'étage à l'essai (ΔP_b).

- Fixer des panneaux de contreplaqué dans la porte de la cage d'escalier de l'étage à l'essai et à chacun des étages d'équilibrage.

- Raccorder à chaque panneau de contreplaqué le ventilateur et régulateur de débit (direction du mouvement depuis le corridor jusqu'à la cage d'escalier).

- Sceller tous les panneaux de porte et le raccordement du ventilateur.

- Situer les instruments de mesure ii) et iii) tout juste à côté des régulateurs de débit correspondants.

- Mettre en service le matériel de mesure du débit du ventilateur à l'étage d'essai.

- Dans la mesure du possible, placer deux membres de l'équipe préposée aux essais à l'endroit des ventilateurs d'équilibrage situés aux étages au-dessus et en-dessous de l'étage à l'essai. Pendant le déroulement de l'essai, communiquer aux membres de l'équipe les instructions d'équilibrage et le relevé des données par voie d'émetteur-récepteur.

b) Méthode d'essai

- Consigner la date et le début de l'essai.

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,i}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,i}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,i}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{W,i}$

  - la pression atmosphérique ambiante initiale, $P_{a,i}$ (kPa).

  (Nota : Les conditions atmosphériques s'obtiennent de la station météorologique locale; la pression exprimée en P_a ne doit pas être redressée en fonction du niveau de la mer).

- Ouvrir la porte donnant sur l'extérieur à partir de la cage d'escalier, à laquelle le ventilateur a été raccordé.

- Remettre à zéro les instruments de mesure de la pression.

- Tous les ventilateurs arrêtés et scellés, consigner les différences de pression ($\Delta P_{ew,i}$, $\Delta P_{a,i}$, $\Delta P_{b,i}$).

- Désceller tous les ventilateurs et les faire fonctionner.

- Régler le débit du ventilateur de l'étage à l'essai jusqu'à ce que la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur, ΔP_{ew}, atteigne environ 50 Pa.

- Régler les ventilateurs d'équilibrage pour obtenir une différence de pression de 0 ± 1 Pa d'un côté à l'autre du plancher. (Nota : Des réglages continus peuvent s'imposer pour maintenant ΔP_{ew} au niveau voulu au cours de l'équilibrage).

- Laisser les pressions et les débits se stabiliser.

- Consigner toutes les pressions (ΔP_{ew}, ΔP_a, ΔP_b).

- Consigner le débit du mur extérieur, Q_{ew}.

- Consigner la température de l'air à la gaine d'aspiration du ventilateur, t_{fan} (°C).

- Régler ΔP_{ew} à environ 40 Pa.

- Rééquilibrer et remesurer.

- Répéter l'opération pour ΔP_{ew} à environ 30, 20, 15 et/ou Pa (dans cette séquence).

- Arrêter le fonctionnement de tous les ventilateurs et en sceller l'ouverture.

- Consigner les différences de pression finales ($\Delta P_{ew,f}$, $\Delta P_{a,f}$, $\Delta P_{b,f}$).

- Répéter l'essai avec un ventilateur d'équilibrage à l'étage au-dessus fermé et scellé (comme pour l'essai 1d).

- Répéter l'essai cette fois pour le ventilateur d'équilibrage de l'étage en-dessous.

c) Analyse des données

Étanchéité du mur extérieur

- Corriger la différence de pression mesurée d'un côté à l'autre du mur extérieur, selon le mode opératoire prévu pour l'essai 1a (ΔP_{ew}).

- Corriger Q_{ew} selon le mode opératoire prévu dans la norme CAN/CGSB-149.10-M86, s'il le faut.

- Tracer le graphique : Q^*_{ew} et ΔP^*_{ew}.

Étanchéité du plancher/plafond :

- Suivre les instructions données pour les essais 1c et 1d pour établir la valeur de Q^*_a et Q^*_b.

Essai 2 : Mesure de la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur d'un appartement dans diverses conditions atmosphériques

a) Préparatifs

- Préparer les prises de pression et les instruments de mesure dans le but de consigner la différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur de l'appartement, selon les précisions fournies à propos de l'essai 1b.

b) Méthode d'essai

- Consigner continuellement la valeur ΔP d'un côté à l'autre du mur extérieur provoqué par le vent et l'effet de tirage, pendant une période de vérification préétablie.

c) Analyse des données

- Se référer à la norme CAN/CGSB-149.10-M86; à partir des résultats de l'essai 1b, calculer le coefficient de débit et l'exposant de débit (c et n respectivement) du mur extérieur.

- Calculer le taux d'infiltration d'air à partir de l'équation suivante, à l'aide des différences de pression obtenues en b).

$$q = C (\Delta P_{ew})^n$$

où

q = taux d'infiltration d'air, L/s
C = coefficient de débit du mur extérieur de l'appartement à l'essai, $L/(s.Pa^n)$
ΔP_{ew} = différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur, Pa
n = exposant de débit

Essai 3 : Méthodes faisant appel à un gaz de traçage pour déterminer la qualité des mouvements d'air dans le bâtiment

a) Préparatifs

- Calculer le volume intérieur du bâtiment d'essai, V_b (m^3).

- À l'aide de l'équation suivante, calculer le volume de gaz de traçage SF_6 requis pour obtenir une concentration préétablie de SF_6 dans le bâtiment (50 ppb correspond à la dose recommandée) :

$$m = V_b * C_t * 10^{-6}$$

où

m = quantité de gaz de traçage SF_6, L
V_b = volume du bâtiment, m^3
C_t = concentration maximale, ppb (50 ppb)

- Préparer le volume requis de SF_6 à l'état pur et l'entreposer dans des seringues bien scellées ou dans un cylindre pressurisé.

- Déterminer les endroits à l'intérieur du bâtiment où se fera l'échantillonnage d'air.

- Préparer des contenants sous vide Vacutainers de 20 ml (par exemple Fisher 02-683-54) pour fins d'échantillonnage en en fixant solidement le bouchon au moyen de ruban adhésif.

  Nota : Chaque essai nécessitera environ 10 Vacutainers par point d'échantillonnage.

- Préparer un tube d'échantillonnage à l'intention de chacun des membres de l'équipe, à insérer dans le jeu sous la porte (employer des tubes en acier inoxydable de 2 mm de diamètre intérieur, en longueurs d'environ 1 m, repliés en forme de L). Recouvrir l'extrémité de chaque tube d'échantillonnage à l'aide d'un bouchon de caoutchouc.

- Réunir le matériel suivant à l'intention de chacun des membres de l'équipe d'échantillonnage :

  - un chronomètre
  - un crayon feutre permettant d'écrire sur des contenants Vacutainers
  - des contenants Vacutainers
  - 2 seringues hypodermiques de Luer-Lok de 60 cc
  - 2 aiguilles hypodermiques 21G1
  - un tube d'échantillonnage
  - 5 bouchons de rechange pour le tube d'échantillonnage.

b) Méthode d'essai

- S'assurer de la fermeture de toutes les fenêtres et portes extérieures pendant la durée de l'essai.

- Consigner la date et le début de l'essai.

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,i}$ (°C)

  - la température intérieure, $t_{in,i}$ (°C)

  - la vélocité du vent, $V_{w,i}$ (km/h)

  - la direction du vent, $D_{w,i}$

  - la pression atmosphérique ambiante initiale, $P_{a,i}$ (kPa).

  (Nota : Les conditions atmosphériques s'obtiennent de la station météorologique locale; la pression exprimée en Pa ne doit pas être redressée en fonction du niveau de la mer).

Introduction du gaz de traçage

- À un endroit prédéterminé du bâtiment, réunir l'équipe d'échantillonnage et remettre à zéro tous les chronomètres.

- Introduire le gaz de traçage. (Nota : S'assurer de l'herméticité du contenant du gaz et l'apporter dans les lieux tout juste avant de le libérer).

- Amener chacun des membres de l'équipe au point d'échantillonnage choisi.

- Attendre 10 minutes après l'introduction du gaz de traçage avant de prélever le premier échantillon.

- Poursuivre l'échantillonnage toutes les 15 minutes pendant environ 2 heures.

Mode d'échantillonnage par gaz de traçage

a. Insérer le tube d'échantillonnage sous la porte. Monter l'aiguille hypodermique sur la seringue et retirer le couvre-aiguille. Purger la seringue en enfonçant complètement le piston. Insérer l'aiguille dans le tube d'échantillonnage à travers le bouchon.

b. Tout juste avant le moment prévu pour l'échantillonnage, purger deux fois la seringue de 60 ml de l'air ambiant du premier emplacement (en

retirant le seringue pleine et l'aiguille du tube, en en expulsant l'air et en les réinsérant).

c. Prélever 60 ml d'air à l'aide de la seringue.

d. Après une pause de plusieurs secondes pour permettre à la seringue d'atteindre la pression atmosphérique, retirer la seringue et l'aiguille du tube, puis enfoncer le piston jusqu'à la marque graduée de 50 ml.

e. Insérer l'aiguille de la seringue dans le bouchon de caoutchouc du contenant Vacutainer.

f. **SANS EXERCER DE PRESSION SUR LE PISTON**, observer le piston de la seringue se déplacer vers la marque graduée de 30-35 ml. **Si le piston ne s'approche pas de la MARQUE de 30 ml, jeter le tube et répéter les étapes b à f inclusivement.**

g. Enfoncer le piston jusqu'au fond de la seringue pour pouvoir injecter le reste du prélèvement dans le tube d'échantillonnage.

h. Tout en maintenant la pression sur le piston de la seringue, retirer l'aiguille du tube et inscrire le moment de l'échantillonnage et l'endroit sur le tube.

i. Se rendre au point d'échantillonnage suivant et répéter les étapes a à h pour tous les prélèvements.

- Répéter les étapes a à i à intervalle d'environ 15 minutes pendant 2 heures, après l'introduction du gaz de traçage. Remplacer le bouchon du tube d'échantillonnage après 10 à 20 prélèvements.

- Mesurer et consigner :

  - la température extérieure, $t_{out,f}$ (°C)
  - la température intérieure, $t_{in,f}$ (°C)
  - la vélocité du vent, $V_{w,f}$, (km/h)
  - la direction du vent, $D_{W,f}$
  - la pression atmosphérique ambiante, $P_{a,f}$ (kPa)

c) <u>Analyse des données</u>

- Analyser les concentrations de SF_6 à l'aide d'un chromatographe gazeux équipé d'un détecteur à capture d'électrons.

- Pour chaque point d'échantillonnage, tracer le graphique de la concentration de SF_6 et du temps écoulé depuis l'introduction de SF_6.

SYMBOLES

C	coefficient de débit du mur extérieur de l'appartement à l'essai, $L/s.Pa^n$)
C_t	concentration maximale, ppb (50 ppb)
ΔP^*	moyenne corrigée de la différence de pression de l'enveloppe, Pa
ΔP^*_1	différence de pression corrigée de l'enveloppe au niveau du rez-de-chaussée, Pa
ΔP^*_2	différence de pression corrigée de l'enveloppe au niveau du toit, Pa
ΔP^*_3	différence de pression interne du bâtiment, Pa
ΔP^*_a	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre du plancher au-dessus de l'étage à l'essai, Pa
ΔP^*_b	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre du plancher en-dessous de l'étage à l'essai, Pa
ΔP^*_c	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre du plafond, Pa
ΔP^*_{corr}	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre du corridor, Pa
ΔP^*_{ew}	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre du mur extérieur, Pa
ΔP^*_f	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre du plancher, Pa
ΔP^*_l	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre de la cloison gauche, Pa
ΔP^*_r	différence de pression corrigée d'un côté à l'autre de la cloison droite, Pa
ΔP_1	différence de pression de l'enveloppe au rez-de-chaussée, Pa
$\Delta P_{1,f}$	différence de pression de base finale de l'enveloppe au rez-de-chaussée, Pa
$\Delta P_{1,i}$	différence de pression de base initiale de l'enveloppe au rez-de-chaussée, Pa

ΔP_2	différence de pression de l'enveloppe au niveau du toit, Pa
$\Delta P_{2,f}$	différence de pression de base finale au niveau du toit, Pa
$\Delta P_{2,i}$	différence de pression de base initiale au niveau du toit, Pa
ΔP_a	différence de pression d'un côté à l'autre du plancher au-dessus de l'étage à l'essai, Pa
$\Delta P_{a,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre du plancher au-dessus de l'étage à l'essai, Pa
$\Delta P_{a,i}$	différence de pression initiale d'un côté à l'autre du plancher au-dessus de l'étage à l'essai, Pa
ΔP_b	différence de pression d'un côté à l'autre du plancher en-dessous de l'étage à l'essai, Pa
$\Delta P_{b,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre du plancher en-dessous de l'étage à l'essai, Pa
$\Delta P_{b,i}$	différence de prersion initiale d'un côté à l'autre du plancher en-dessous de l'étage à l'essai, Pa
ΔP_c	différence de pression d'un côté à l'autre du plafond, Pa
ΔP_{corr}	différence de pression d'un côté à l'autre du corridor, Pa
$\Delta P_{c,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre du plafond, Pa
$\Delta P_{c,i}$	différence de pression initiale d'un côté à l'autre du plafond, Pa
ΔP_{ew}	différence de pression d'un côté à l'autre du mur extérieur, Pa
$\Delta P_{ew,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre du mur extérieur, Pa
$\Delta P_{ew,i}$	différence de pression initiale d'un côté à l'autre du mur extérieur, Pa
ΔP_f	différence de pression d'un côté à l'autre du plancher, Pa
$\Delta P_{f,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre

	du plancher, Pa
$\Delta P_{f,i}$	différence de pression initiale d'un côté à l'autre du plancher, Pa
ΔP_{l}	différence de pression d'un côté à l'autre de la cloison gauche, Pa
$\Delta P_{l,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre de la cloison gauche, Pa
$\Delta P_{l,i}$	différence de pression initiale d'un côté à l'autre de la cloison gauche, Pa
ΔP_{r}	différence de pression d'un côté à l'autre de la cloison droite, Pa
$\Delta P_{r,f}$	différence de pression finale d'un côté à l'autre de la cloison droite, Pa
$\Delta P_{r,i}$	différence de pression initiale d'un côté à l'autre de la cloison droite, Pa
$D_{W,f}$	direction finale du vent
$D_{W,i}$	direction initiale du vent
m	quantité de gaz de traçage SF_6, L
n	exposant de débit
$P_{a,f}$	pression atmosphérique ambiante finale, kPa
$P_{a,i}$	pression atmosphérique ambiante initiale, kPa
Q	débit d'air, L/s
q	taux d'infiltration d'air, L/s
Q^*	débit d'air corrigé, L/s
Q^*_a	débit d'air corrigé à travers le plancher au-dessus de l'étage à l'essai, L/s
Q^*_b	débit d'air corrigé à travers le plancher en-dessous de l'étage à l'essai, L/s
Q^*_c	débit d'air corrigé d'un côté à l'autre du plafond, L/s
Q^*_{ew}	débit d'air corrigé d'un côté à l'autre du mur extérieur, L/s

Q^*_f	débit d'air corrigé d'un côté à l'autre du plancher, L/s
W^*_l	débit d'air corrigé d'un côté à l'autre de la cloison gauche, L/s
Q^*_r	débit d'air corrigé d'un côté à l'autre de la cloison droite, L/s
Q^*_s	débit d'air corrigé de la cage d'escalier, L/s
Q_a	débit d'air à travers le plancher au-dessus de l'étage à l'essai, L/s
Q_b	débit d'air à travers le plancher en-dessous de l'étage à l'essai, L/s
Q_c	débit d'air d'un côté à l'autre du plafond, L/s
Q_{ew}	débit d'air d'un côté à l'autre du mur extérieur, L/s
Q_f	débit d'air d'un côté à l'autre du plancher, L/s
Q_l	débit d'air d'un côté à l'autre de la cloison gauche, L/s
Q_m	débit d'air mesuré, L/s
Q_r	débit d'air d'un côté à l'autre de la cloison droite, L/s
Q_s	débit d'air de la cage, L/s
S	surface du mur extérieur, m^2
t_{fan}	température de l'air à la gaine d'aspiration du ventilateur, °C
$t_{in,f}$	température finale de l'air intérieur, °C
$t_{in,i}$	température initiale de l'air intérieur, °C
$t_{out,f}$	température finale de l'air extérieur, °C
$t_{out,i}$	température initiale de l'air extérieur, °C
V_b	volume du bâtiment, m^3
$V_{w,f}$	vélocité finale du vent, km/h
$V_{w,i}$	vélocité initiale du vent, km/h

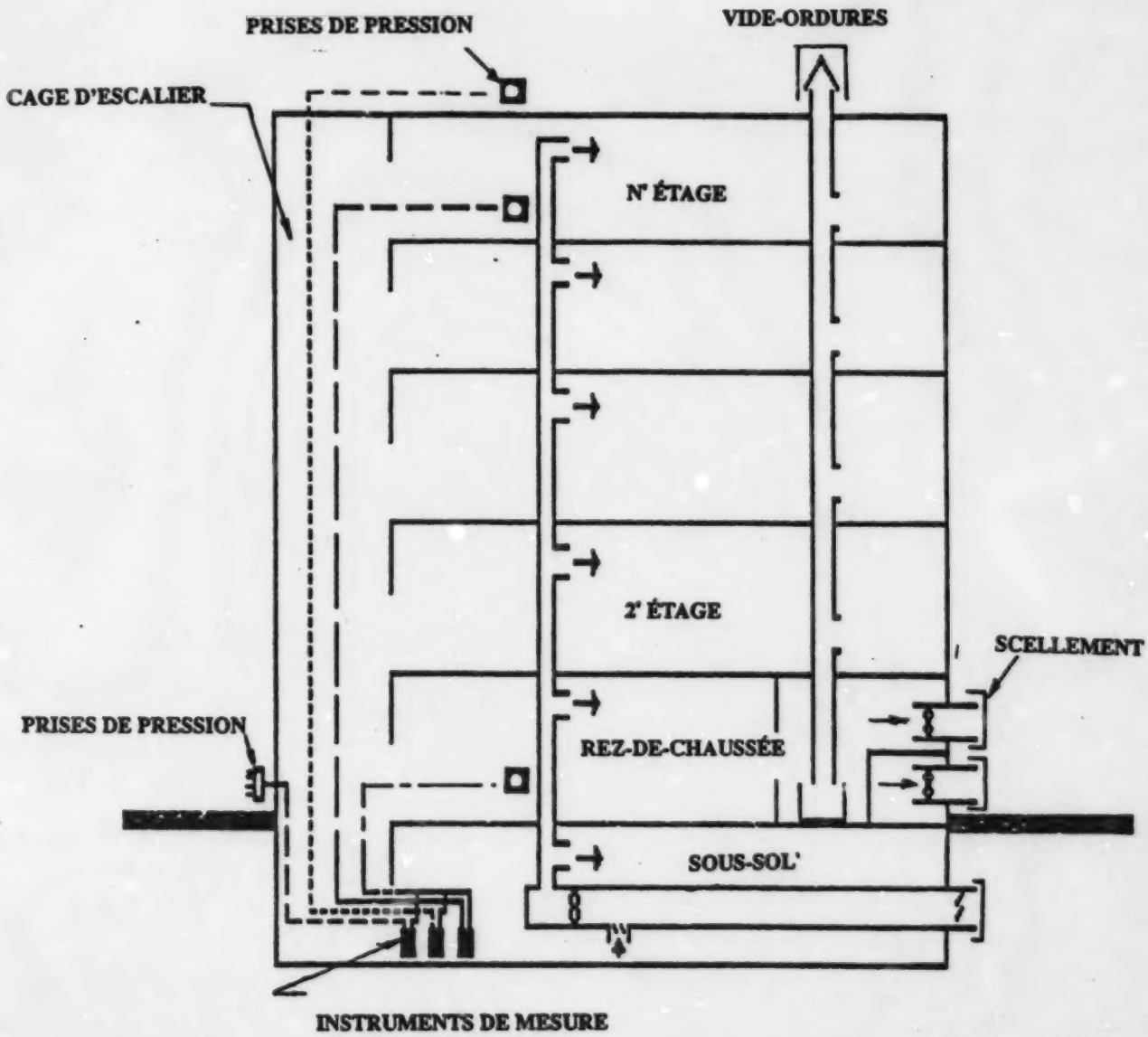


Figure A1 Appareillage d'essai montrant l'emplacement des prises de pression

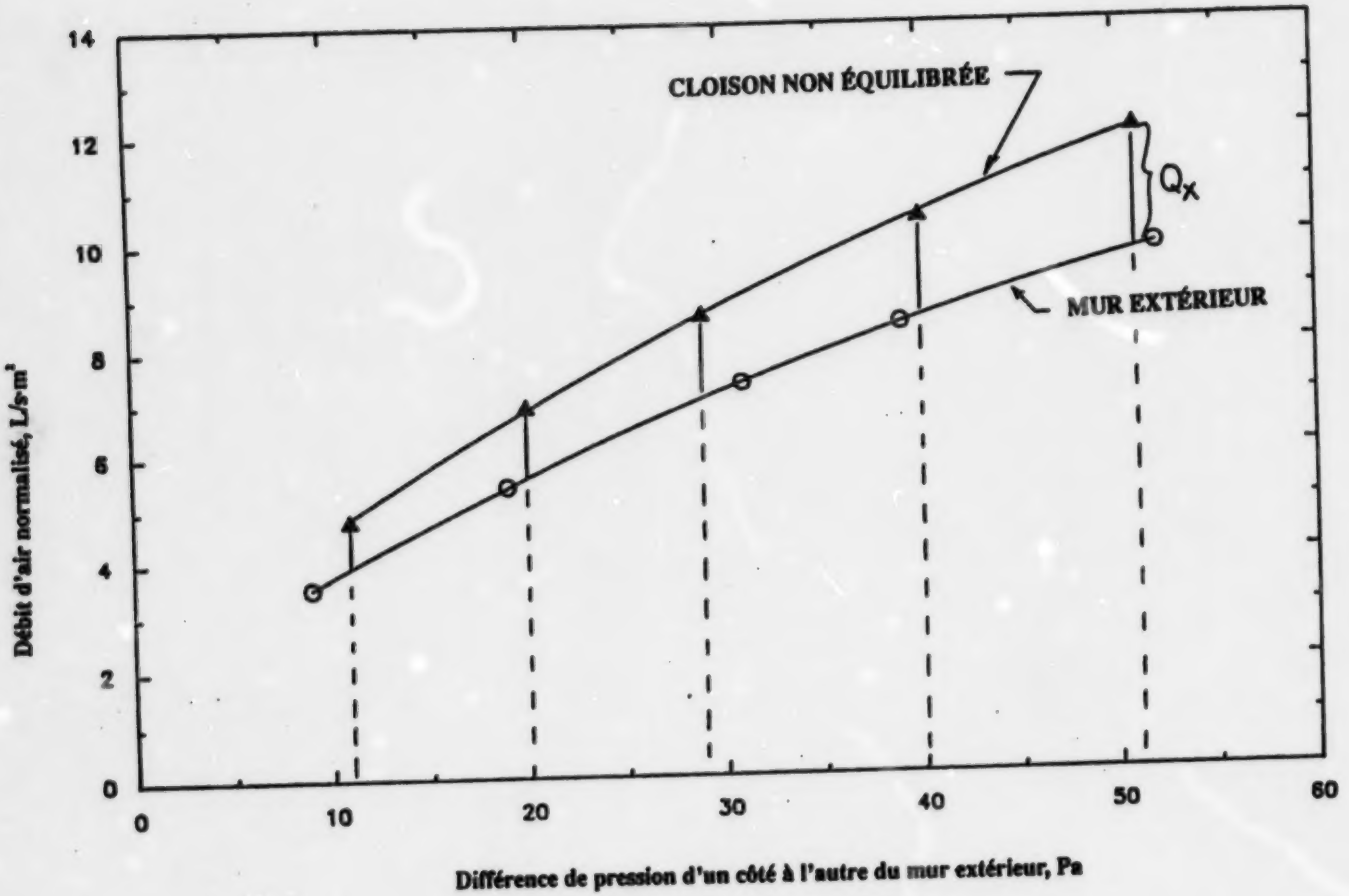


Figure A2 Débits mesurés et différence de pression du mur extérieur

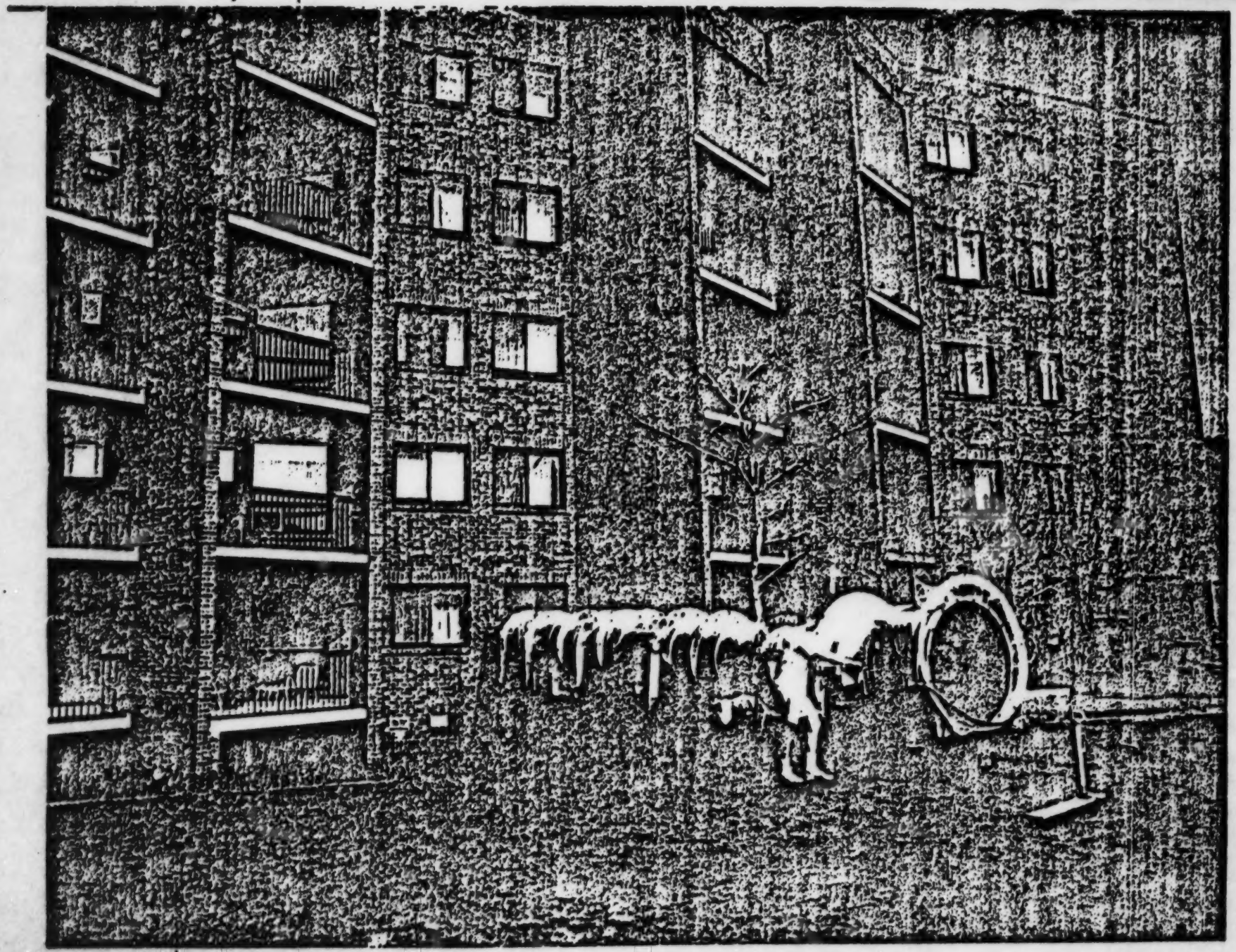


Figure 1 Bâtiment d'essai pourvu de l'appareillage de mesure de l'étanchéité à l'air de son enveloppe

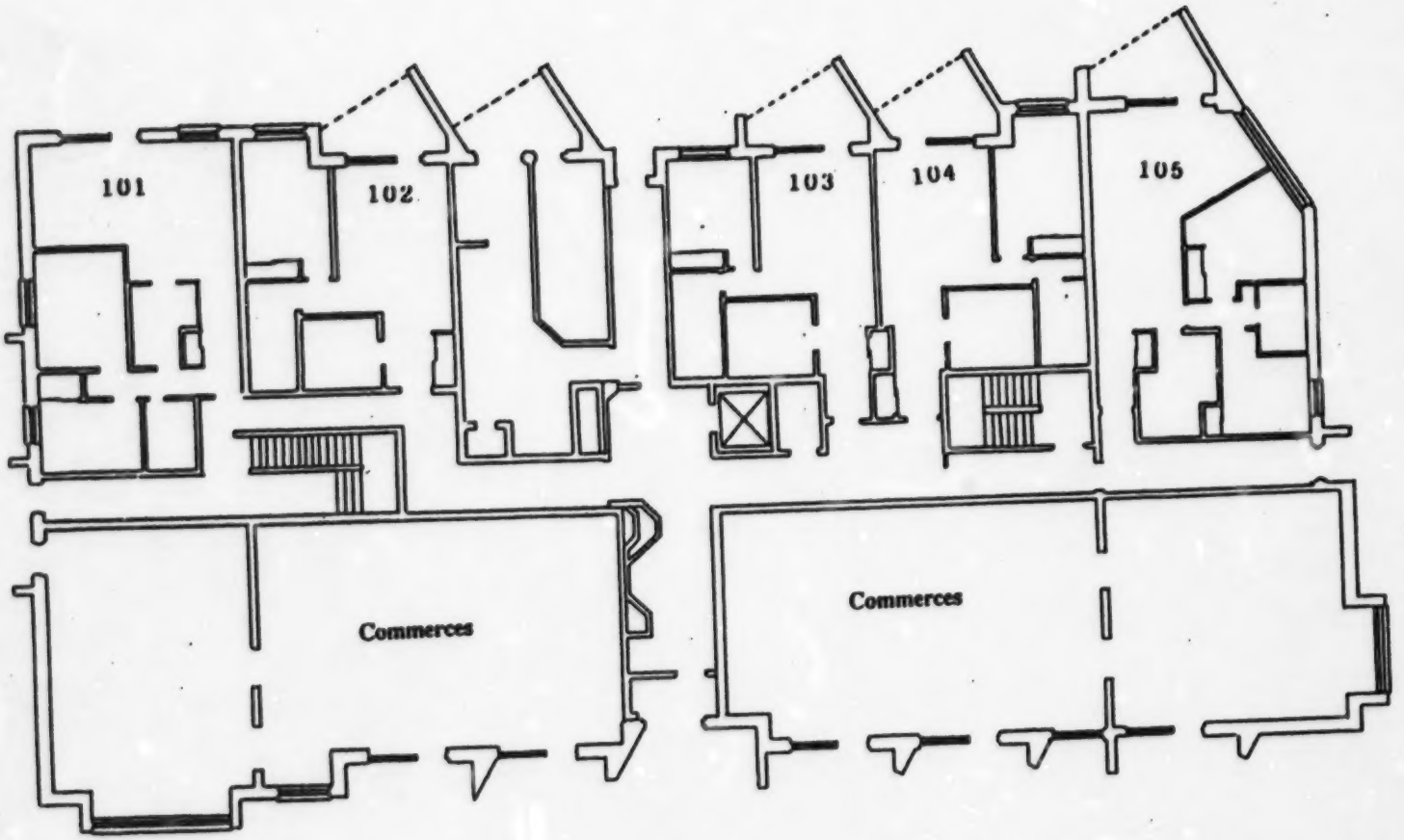


Figure 2 Plan du rez-de-chaussée

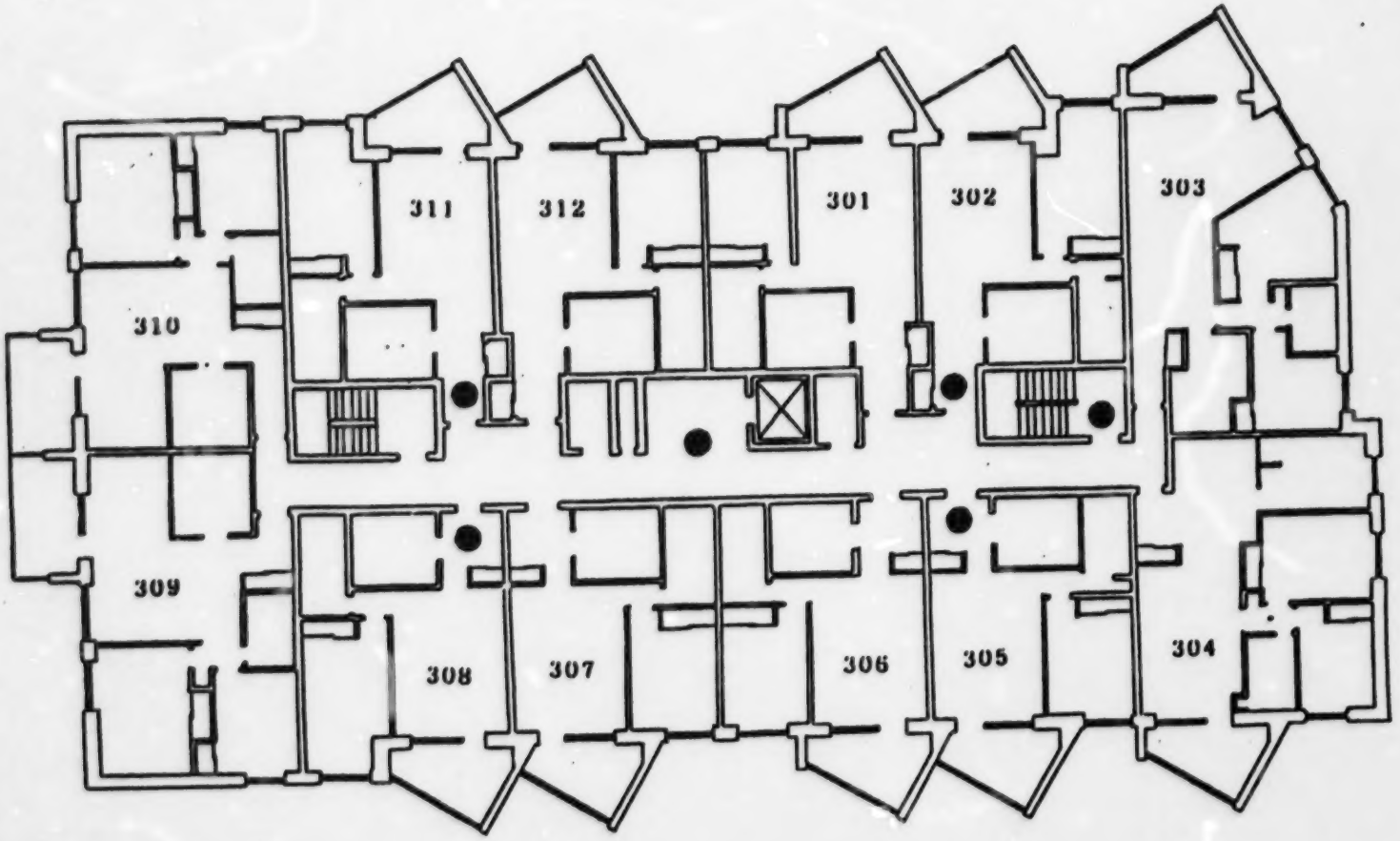
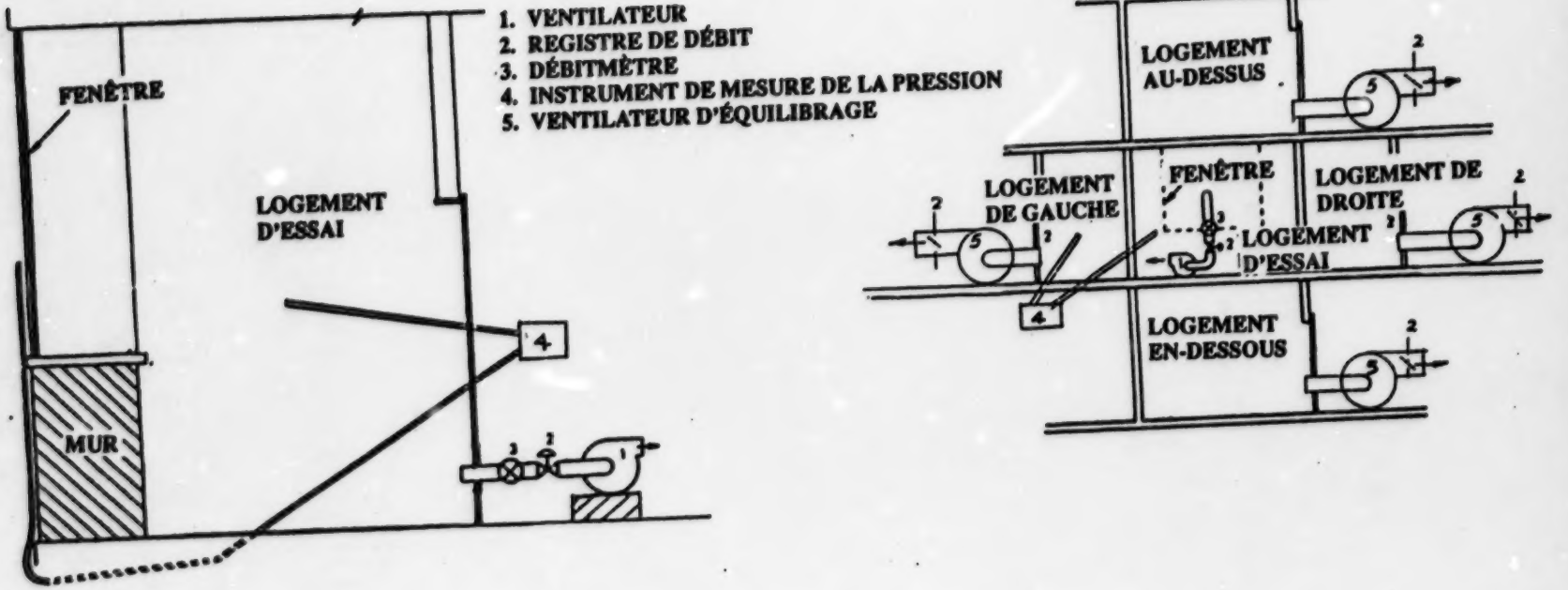


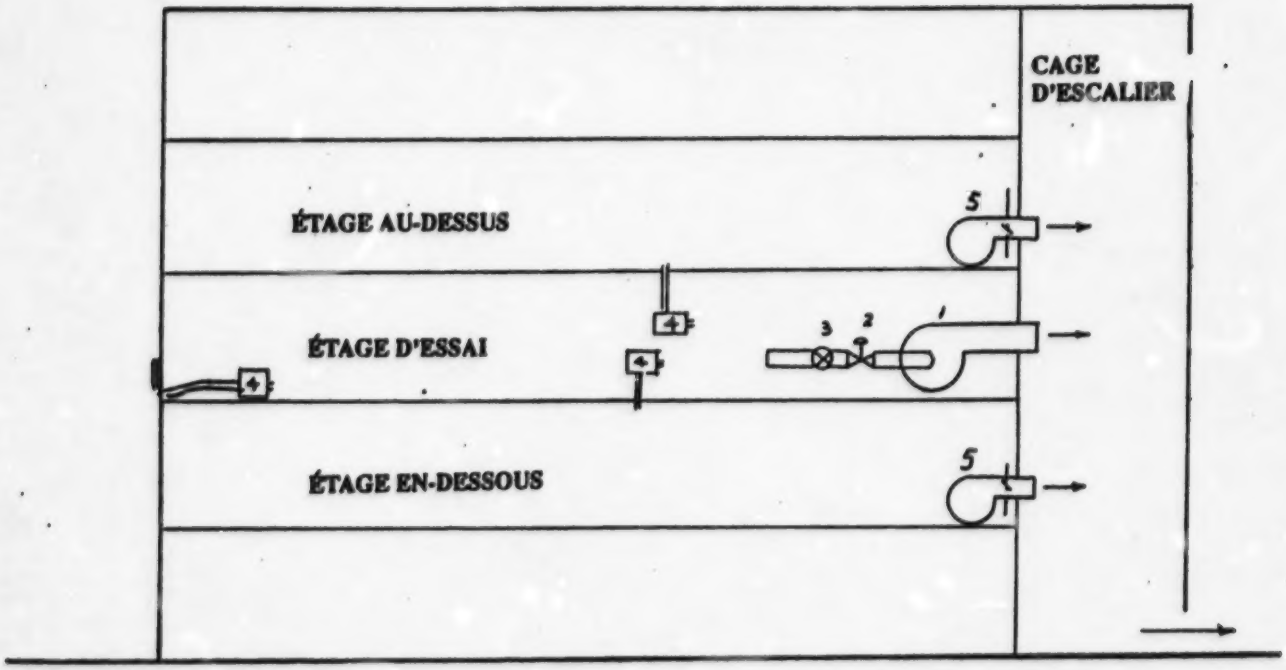
Figure 3 Plan d'étage type indiquant les points d'échantillonnage à l'aide du gaz de traçage ●



(a) MESURE DU DÉBIT L'AIR

(b) ÉQUILIBRAGE DE LA PRESSION ENTRE LE LOGEMENT D'ESSAI ET LES LOGEMENTS CONTIGUS

Figure 4 Appareillage d'essai mesurant l'étanchéité à l'air des murs extérieurs, des cloisons intérieures, des séparations des logements ainsi que de leur plancher et plafond



1. VENTILATEUR
2. REGISTRE DE DÉBIT
3. DÉBITMÈTRE
4. INSTRUMENT DE MESURE DE LA PRESSION
5. VENTILATEUR D'ÉQUILIBRAGE

Figure 5 Appareillage d'essai mesurant l'étanchéité à l'air des murs extérieurs et du plancher et du plafond des étages

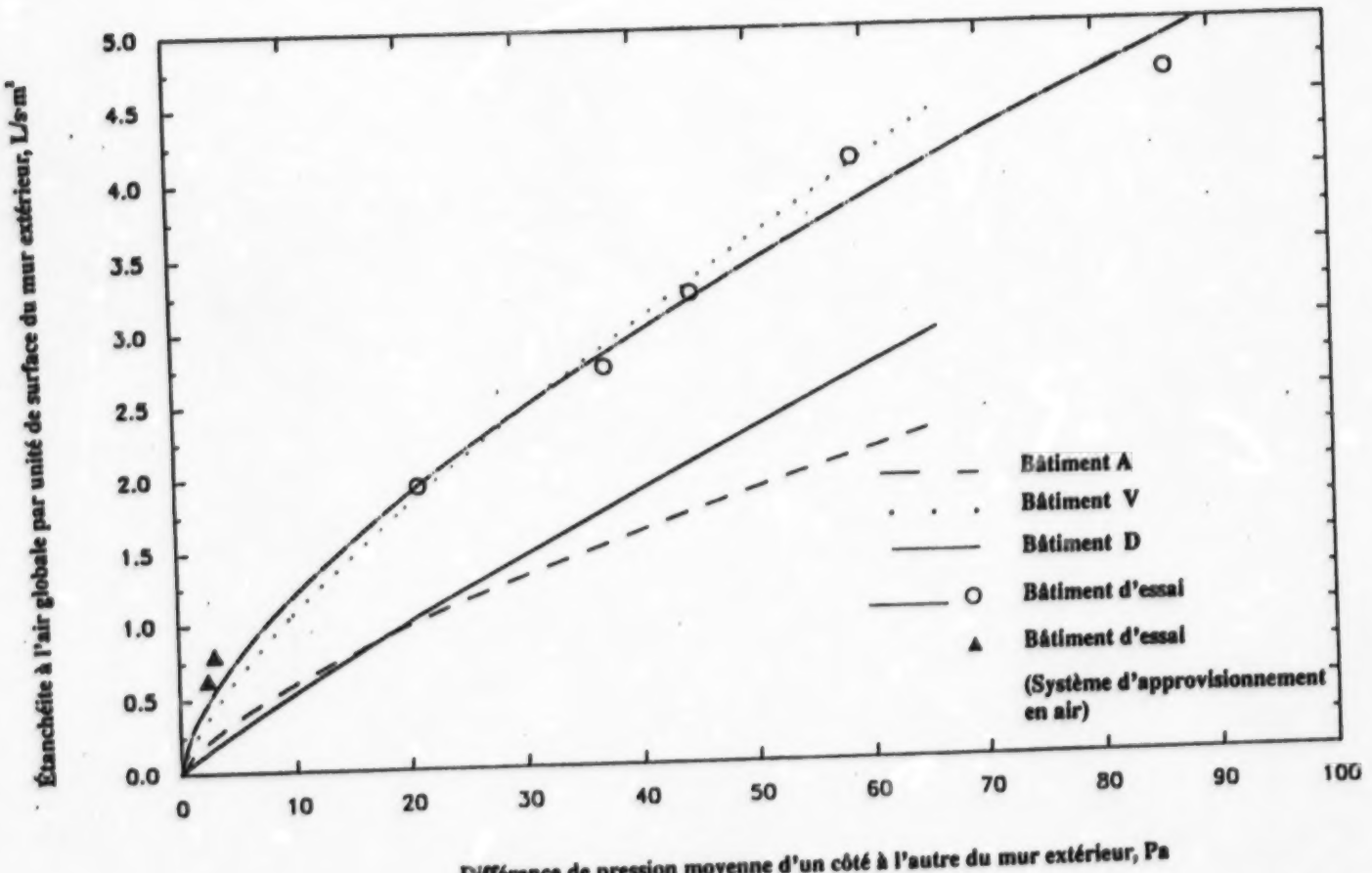


Figure 6 Étanchéité à l'air globale

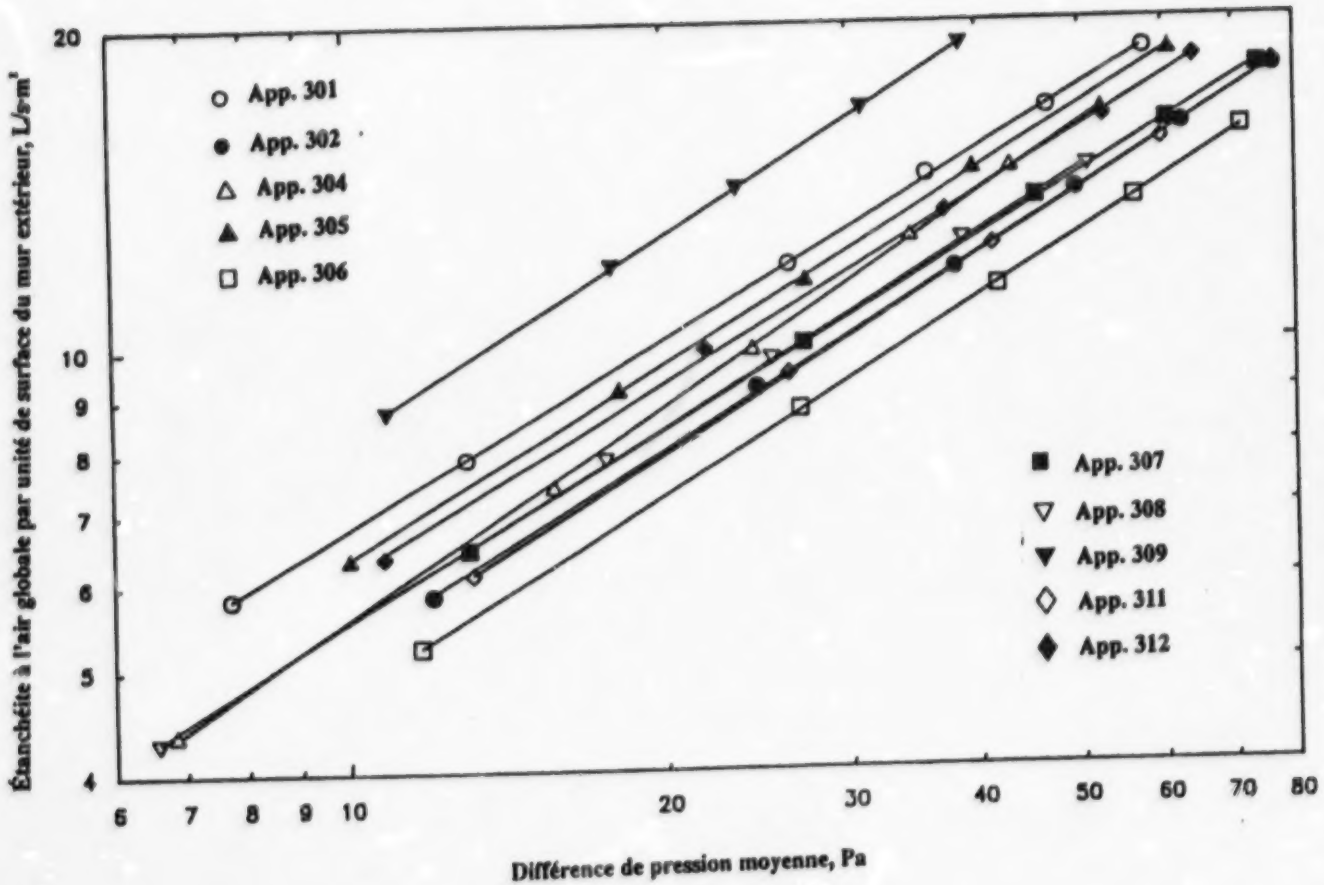


Figure 7 Étanchéité à l'air globale des appartements

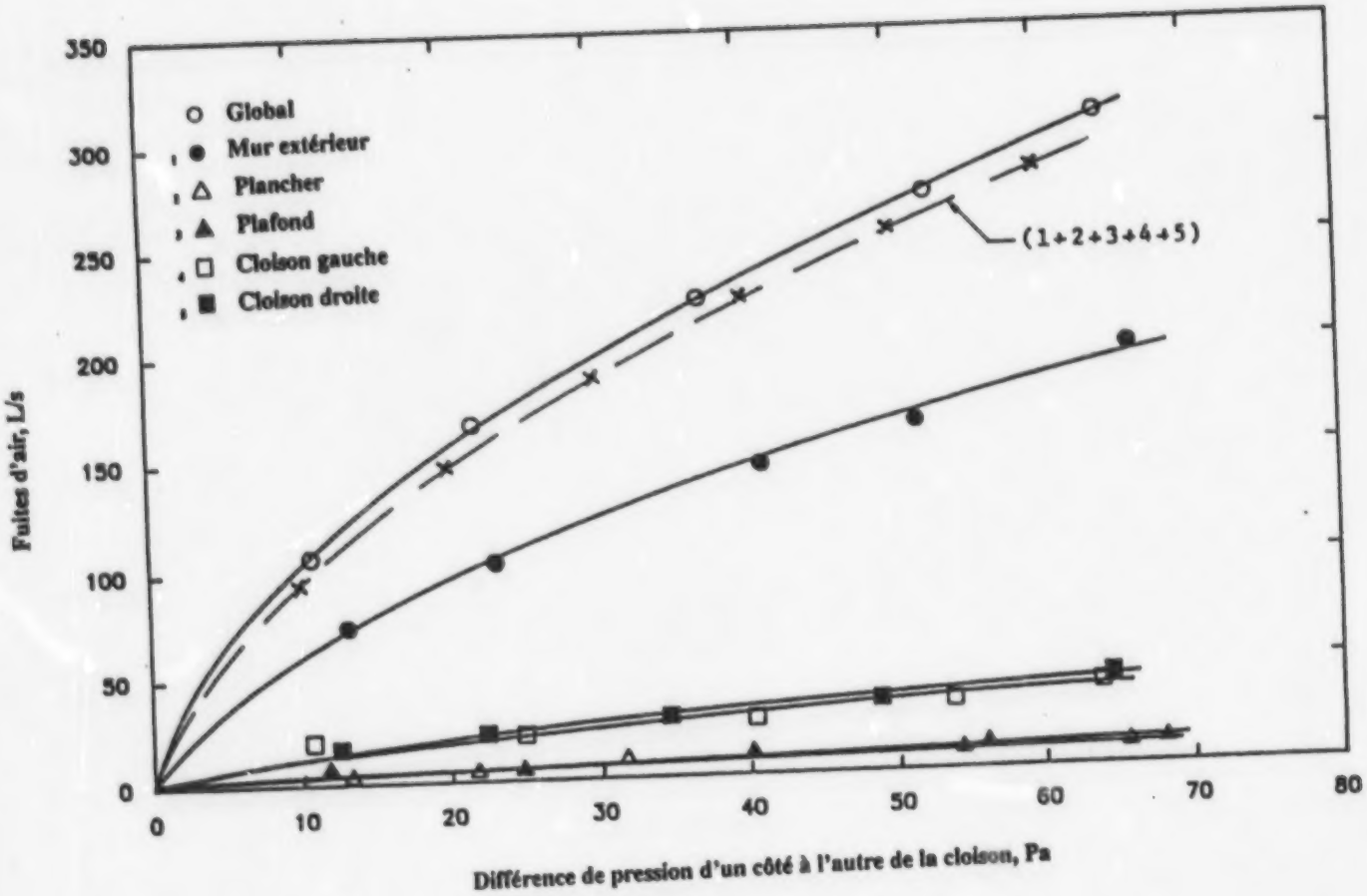


Figure 8 Débit d'air global de l'appartement 312 et de ses cloisons

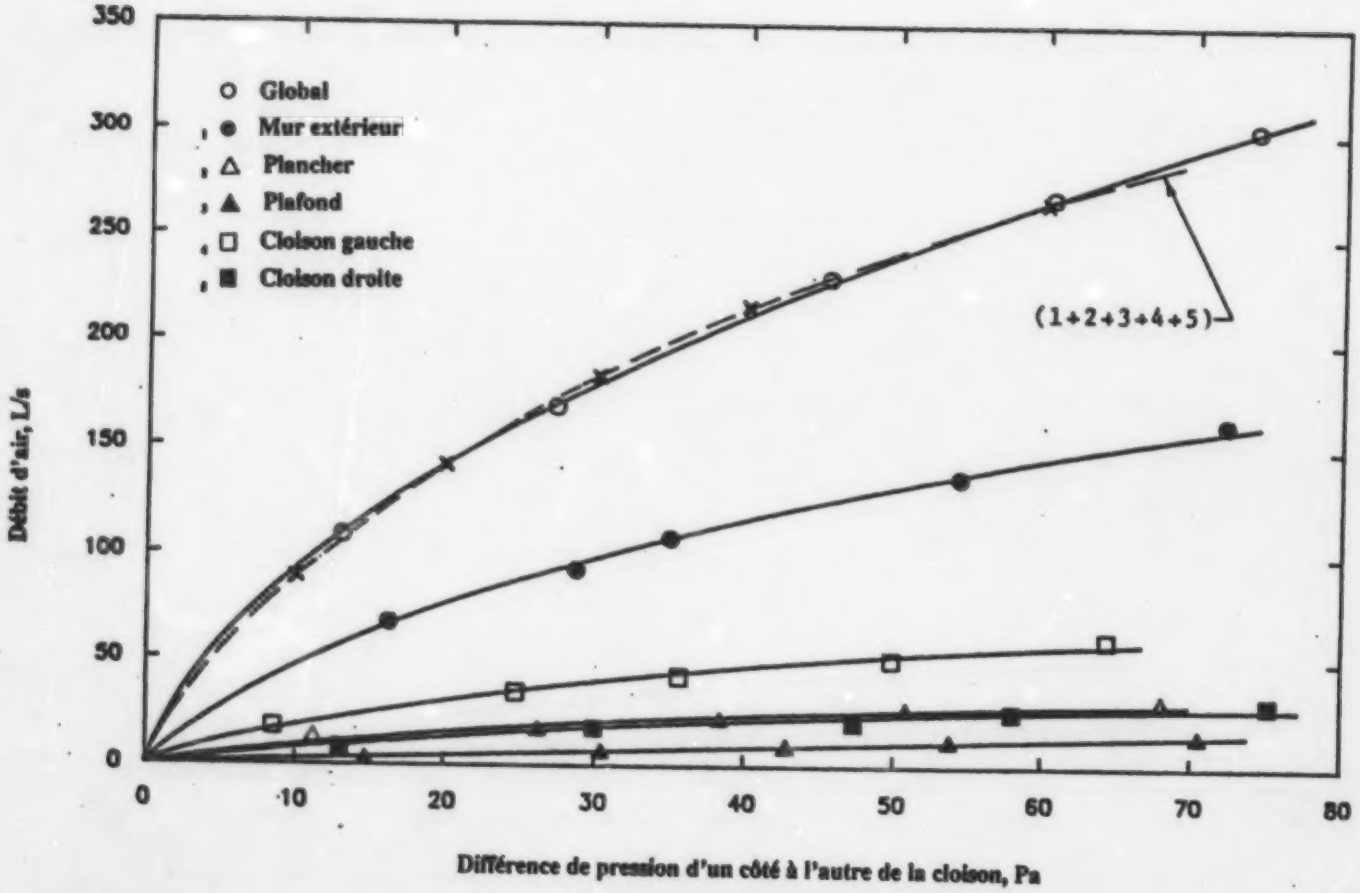


Figure 9 Débit d'air global de l'appartement 307 et de ses cloisons

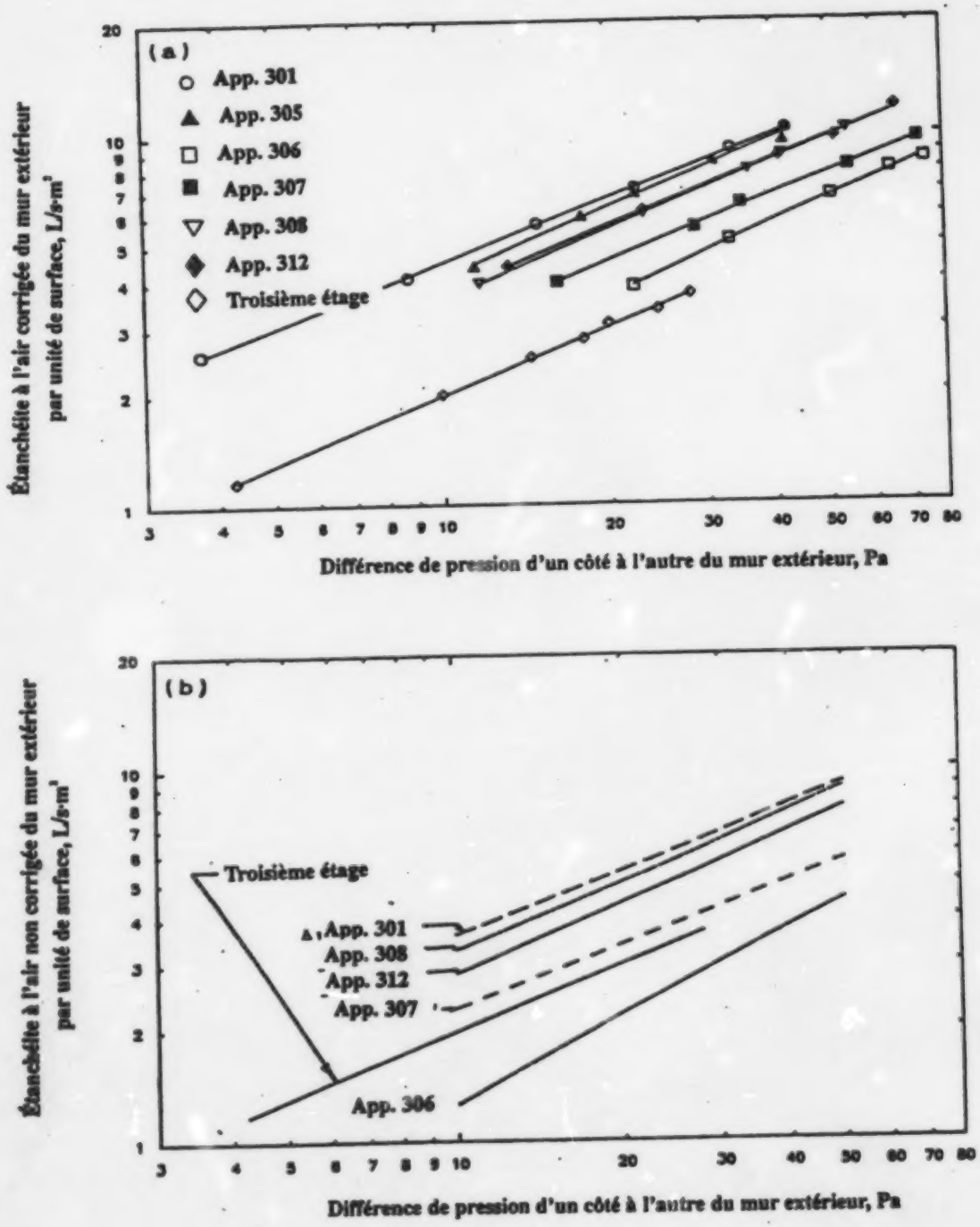


Figure 10 Étanchéité à l'air des murs extérieurs des appartements

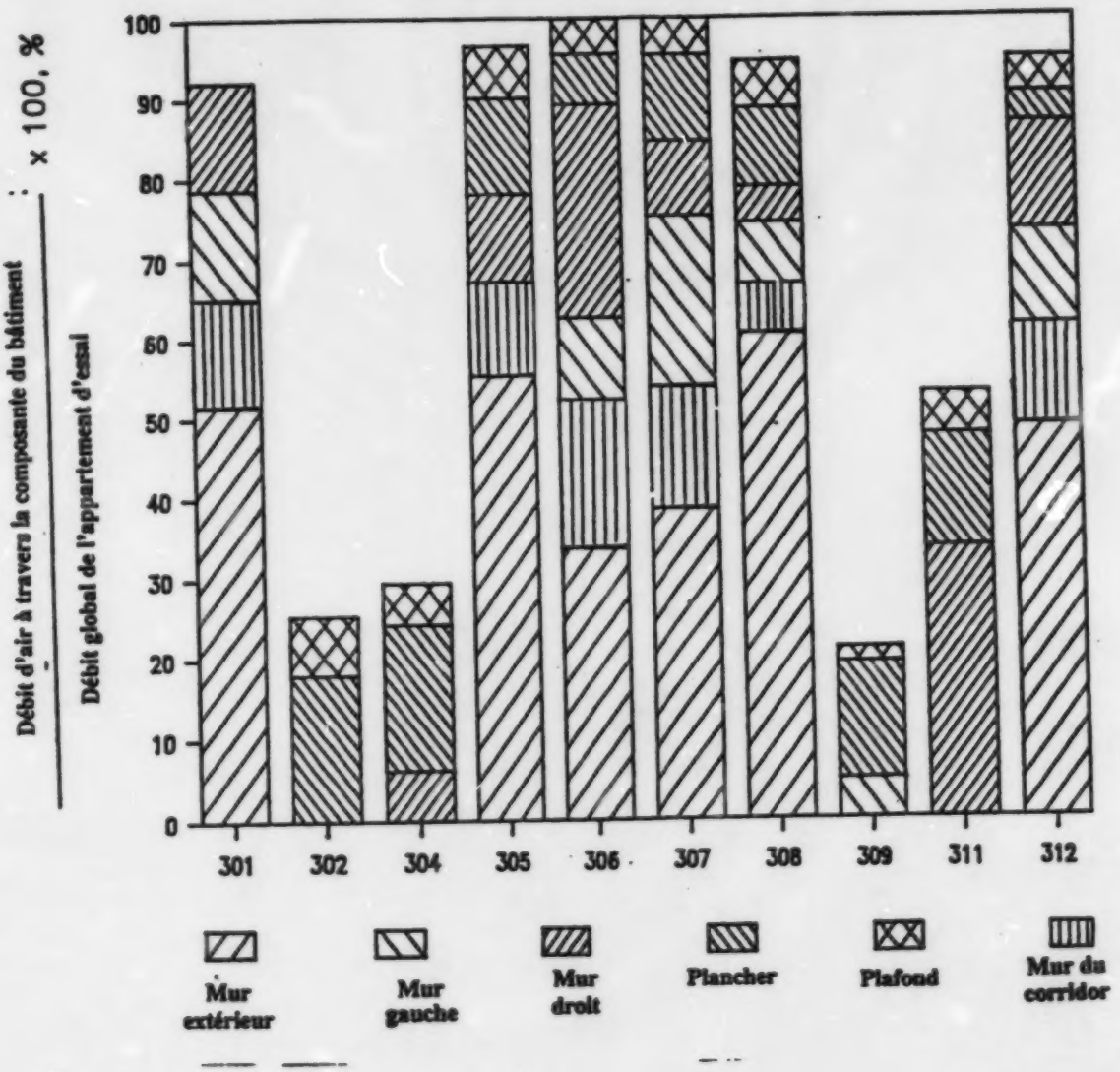


Figure 11 Ratio du débit d'air des composantes et de l'ensemble des appartements $\Delta P = 50$ Pa

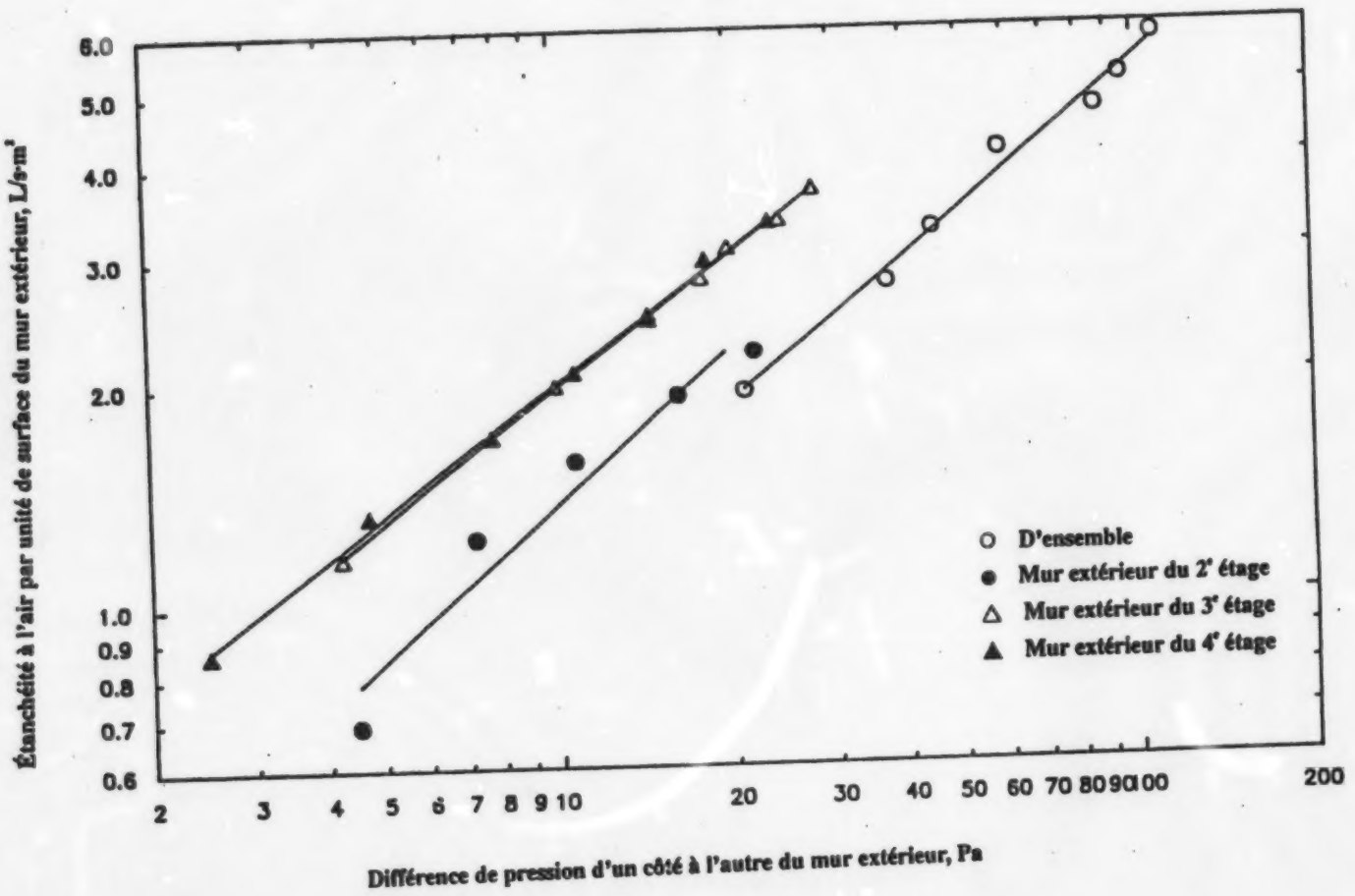


Figure 12 Étanchéité à l'air du mur extérieur des étages dans l'ensemble et d'étages particuliers

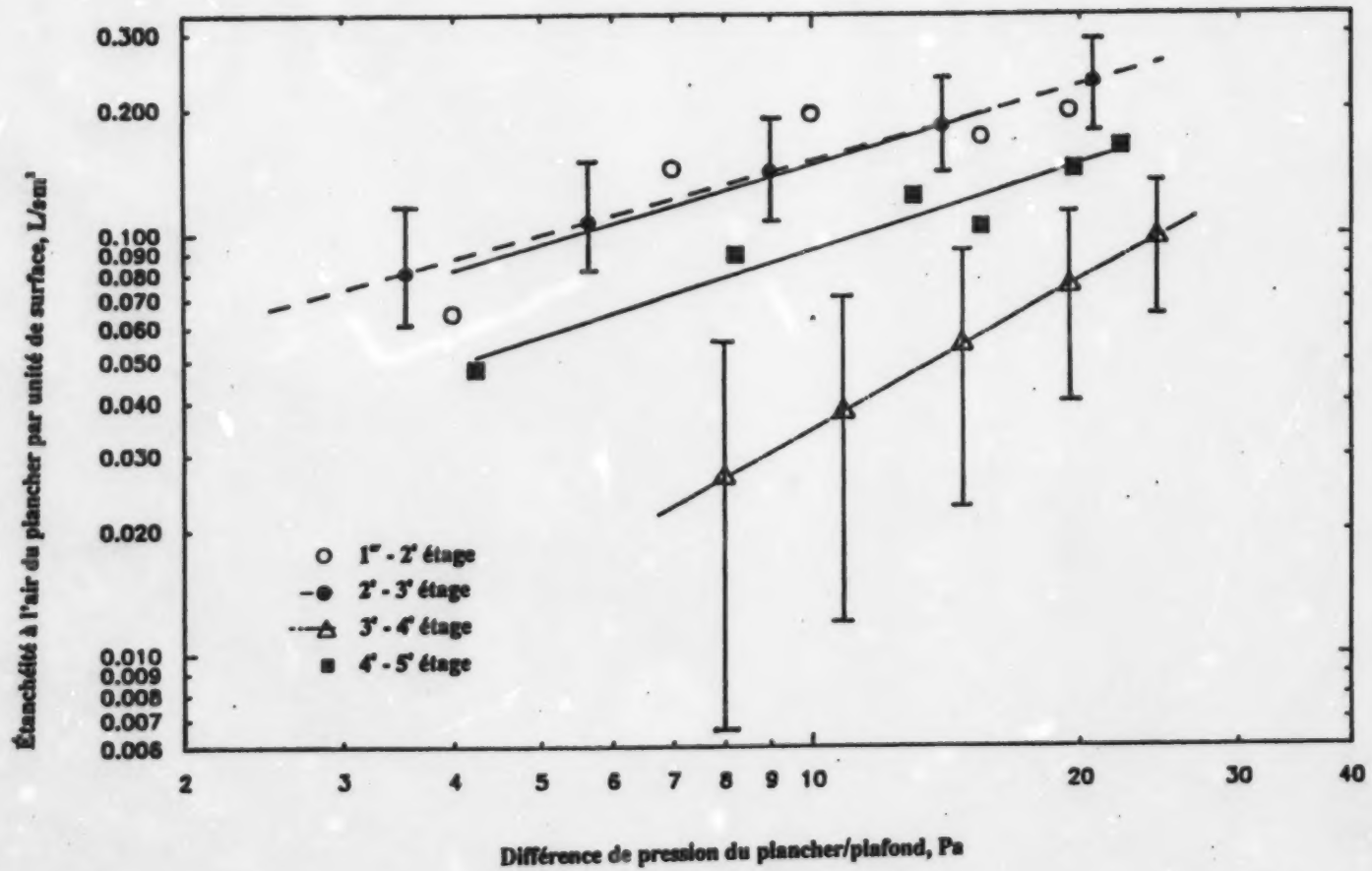


Figure 13 Étanchéité à l'air du plancher

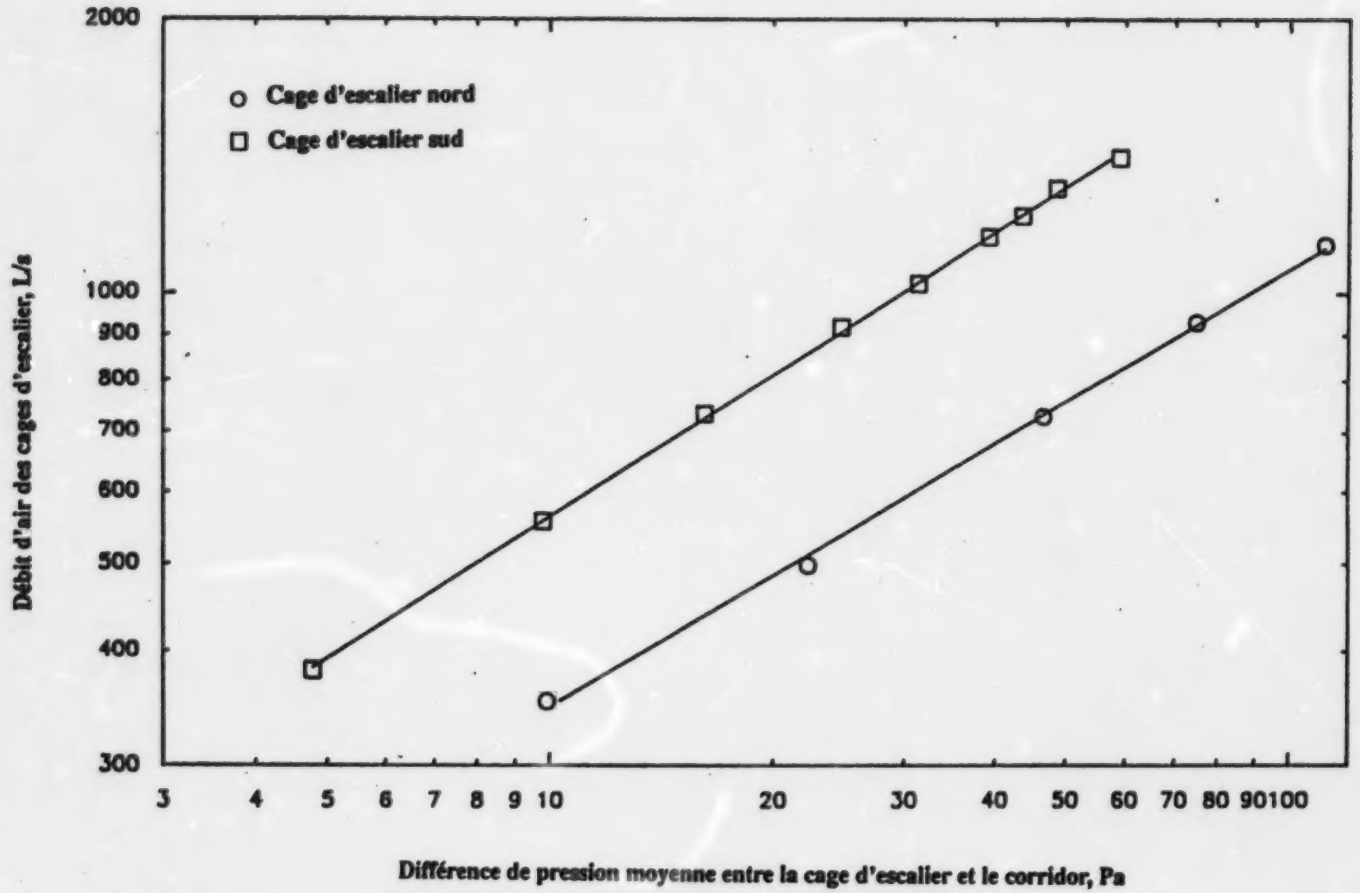


Figure 14 Étanchéite à l'air des cages d'escalier

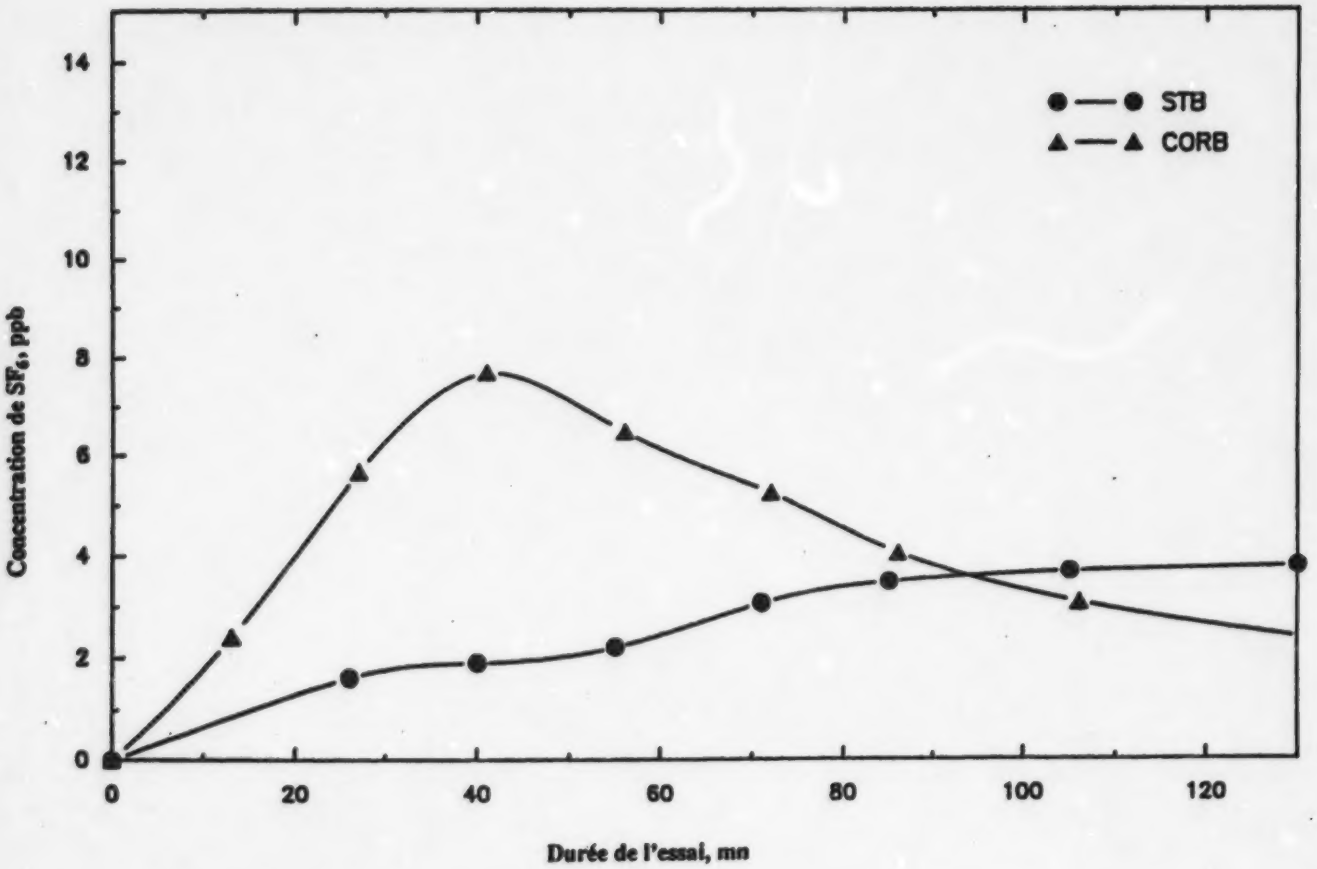


Figure 15 Mouvements d'air au sous-sol après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'hiver

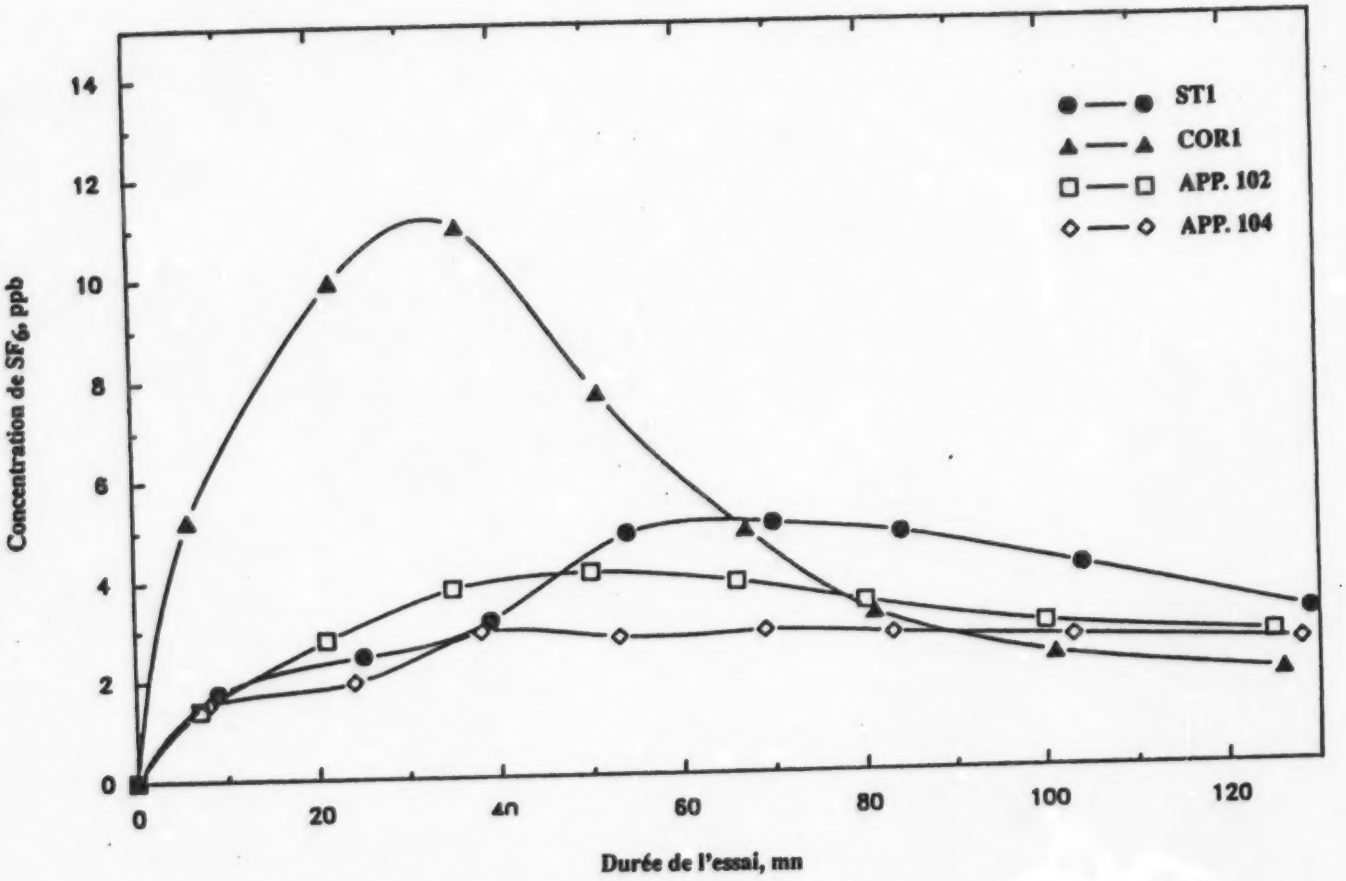


Figure 16 Mouvements d'air au rez-de-chaussée après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'hiver

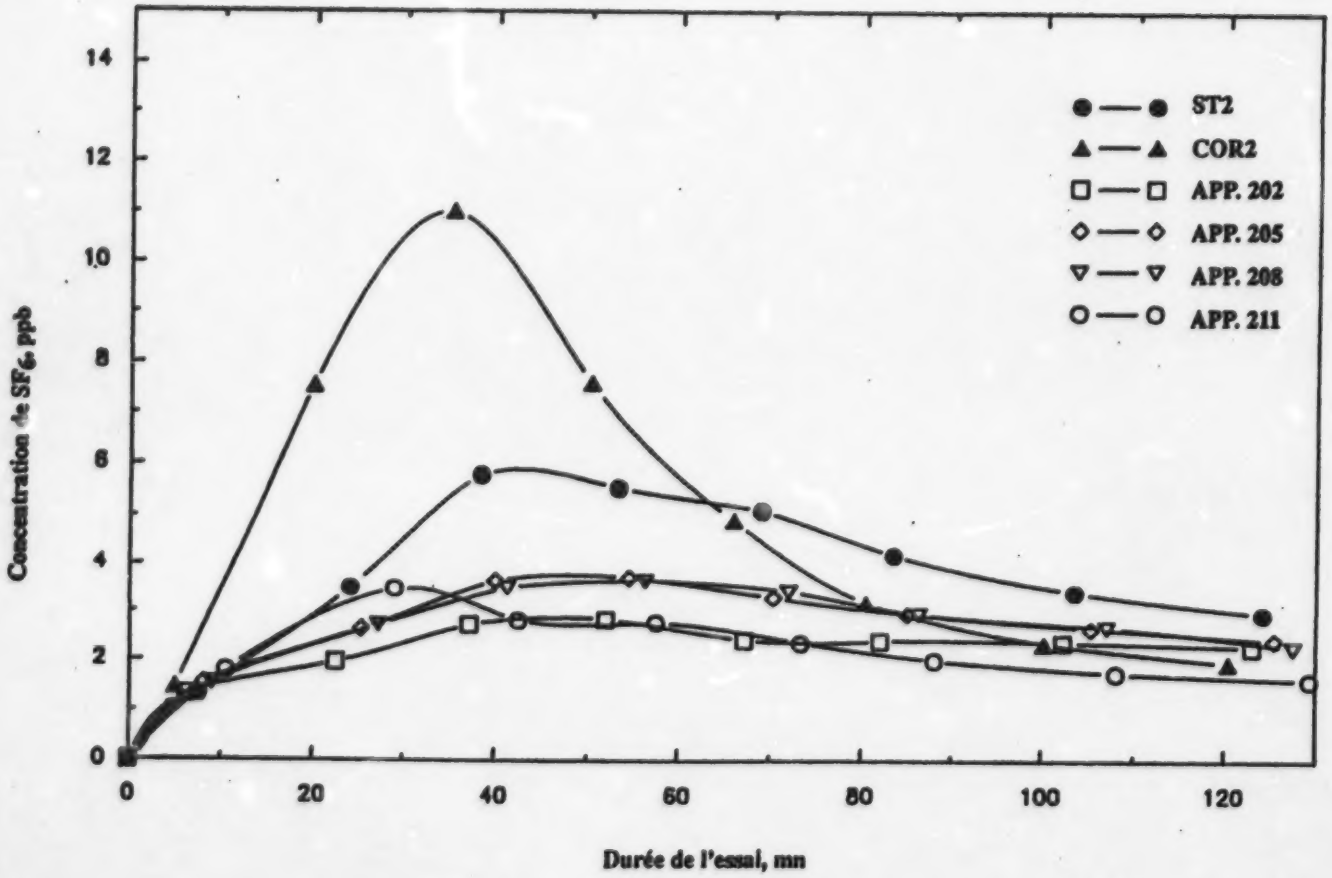


Figure 17 Mouvements d'air au deuxième étage après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'hiver

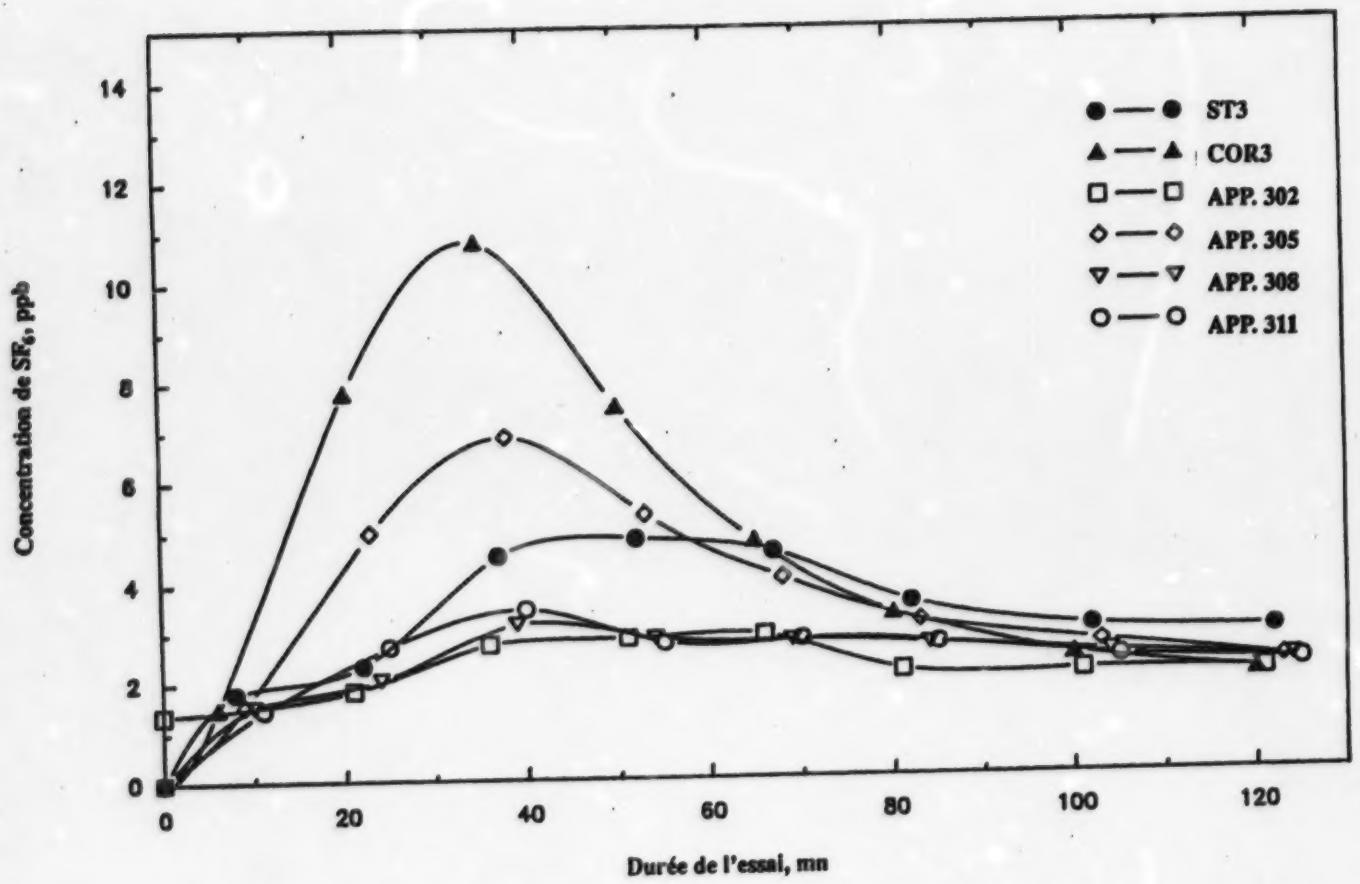


Figure 18 Mouvements d'air au troisième étage après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'hiver

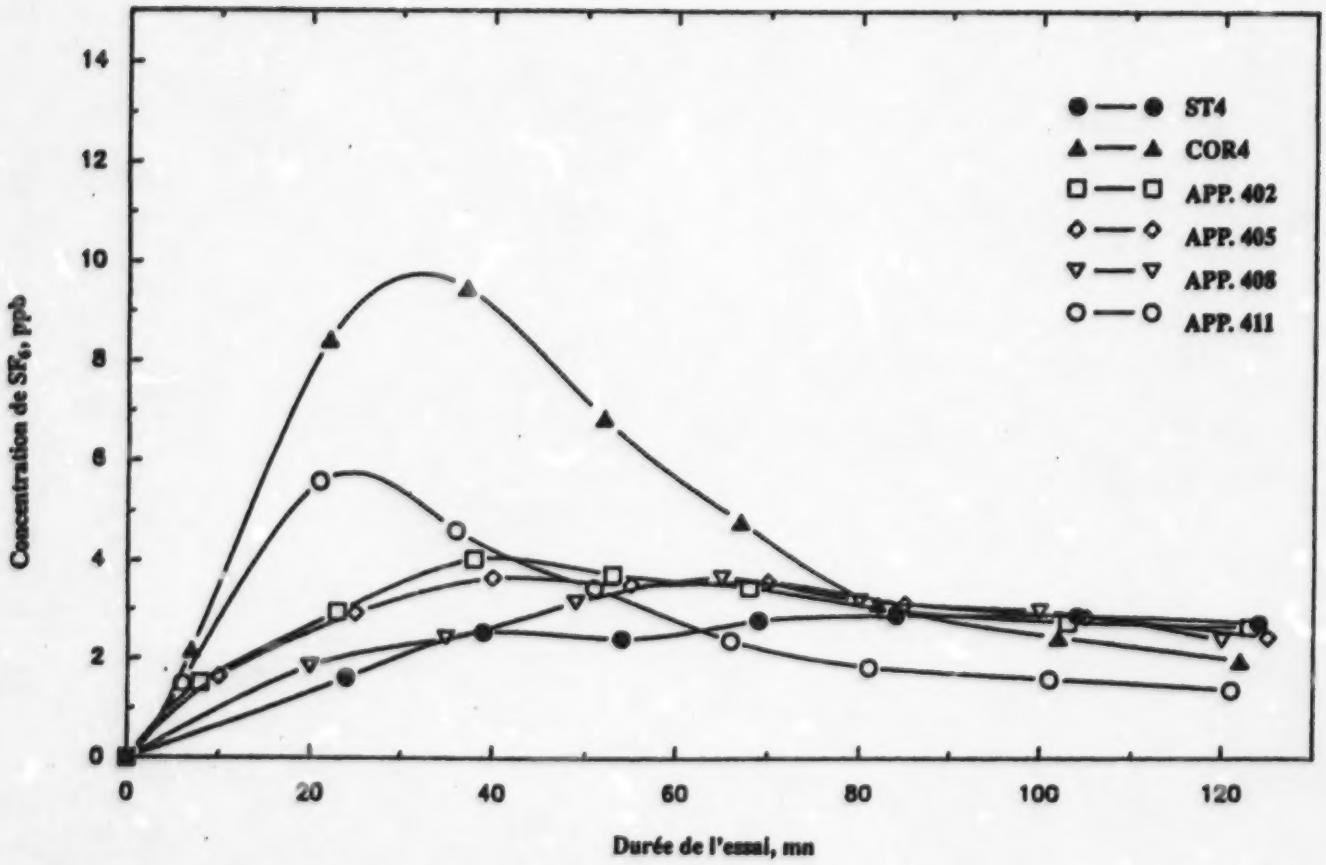


Figure 19 Mouvements d'air au quatrième étage après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'hiver

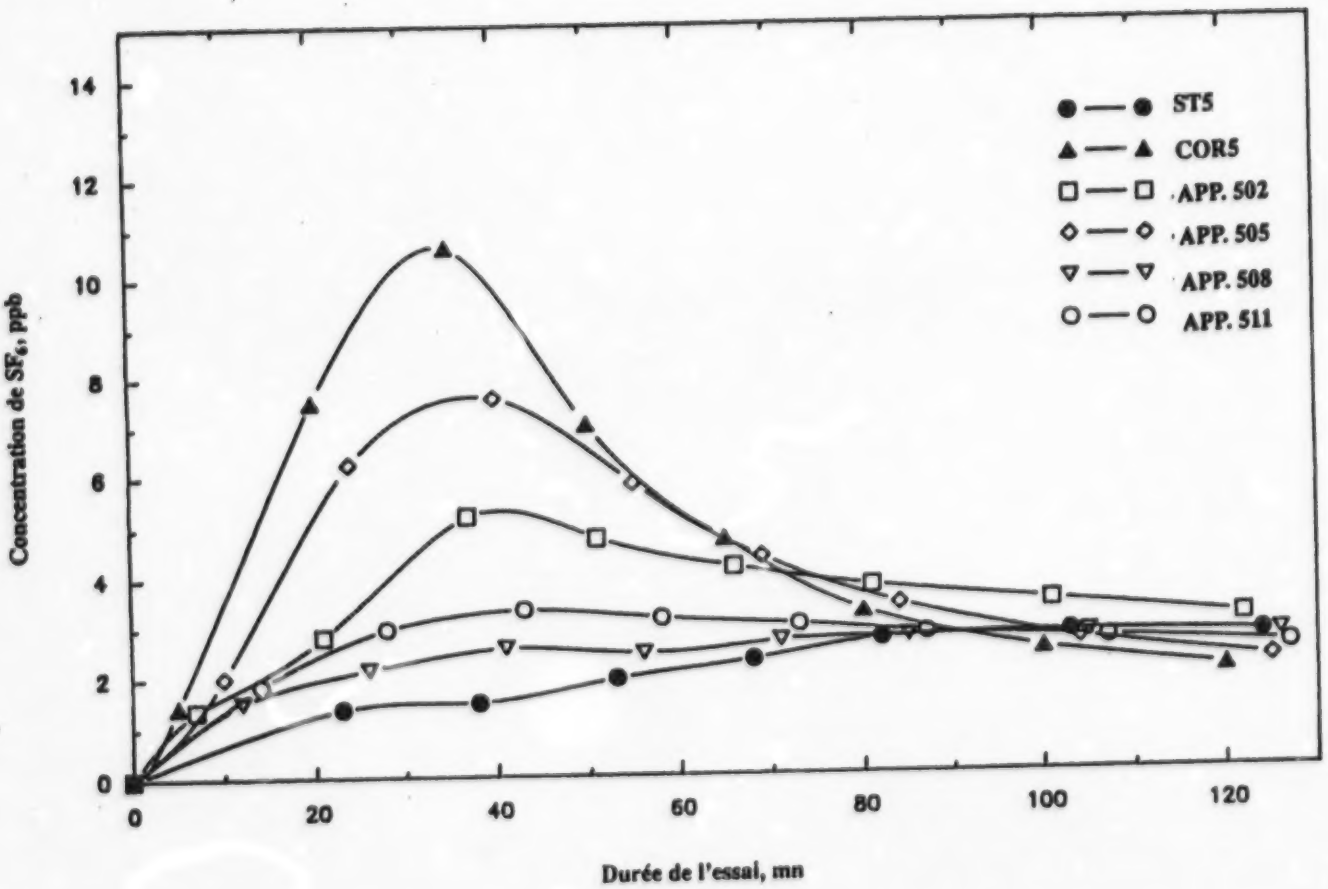


Figure 20 Mouvements d'air au cinquième étage après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'hiver

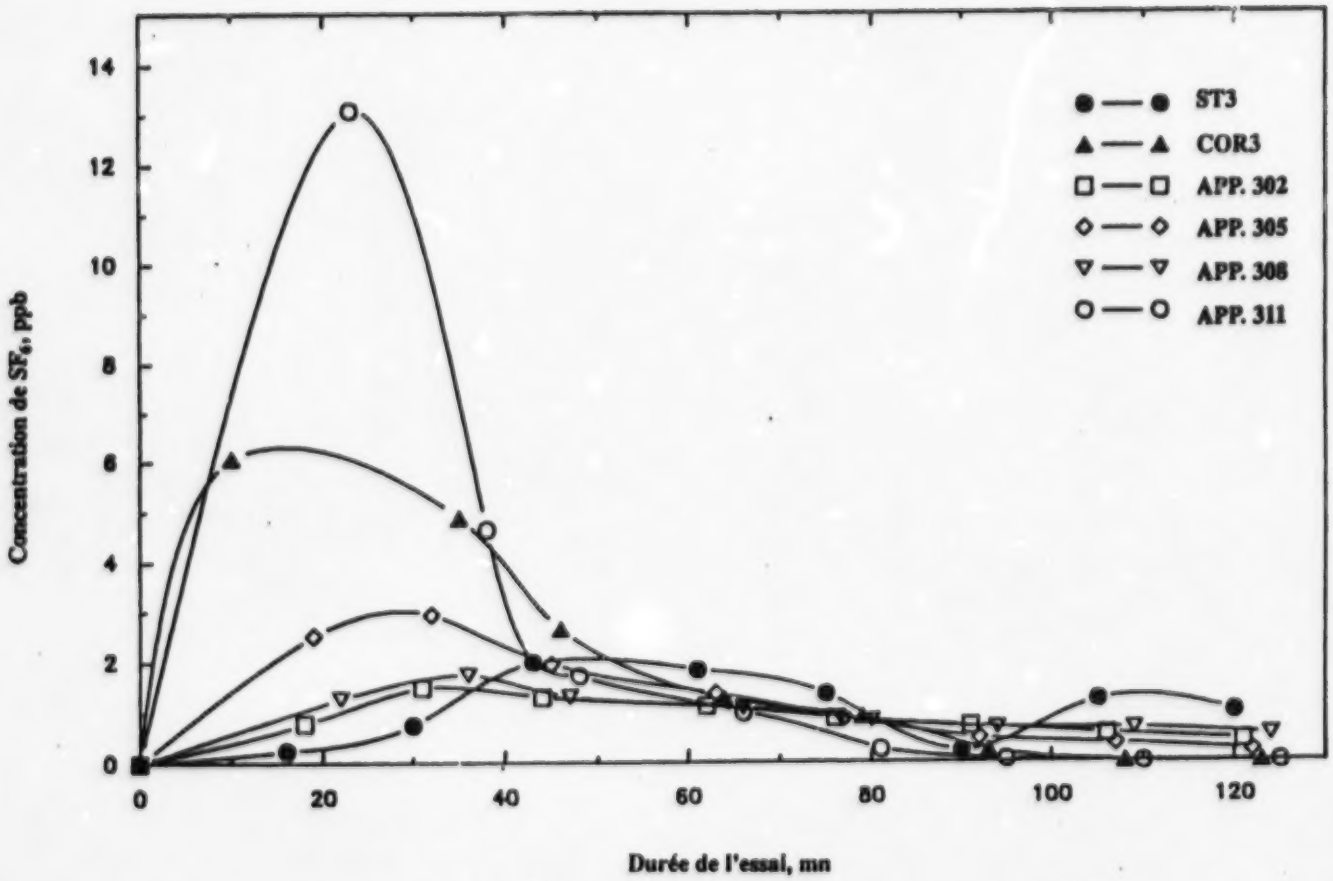


Figure 21 Mouvements d'air au troisième étage après l'introduction du gaz de traçage dans le local de réception des ordures, essai d'été

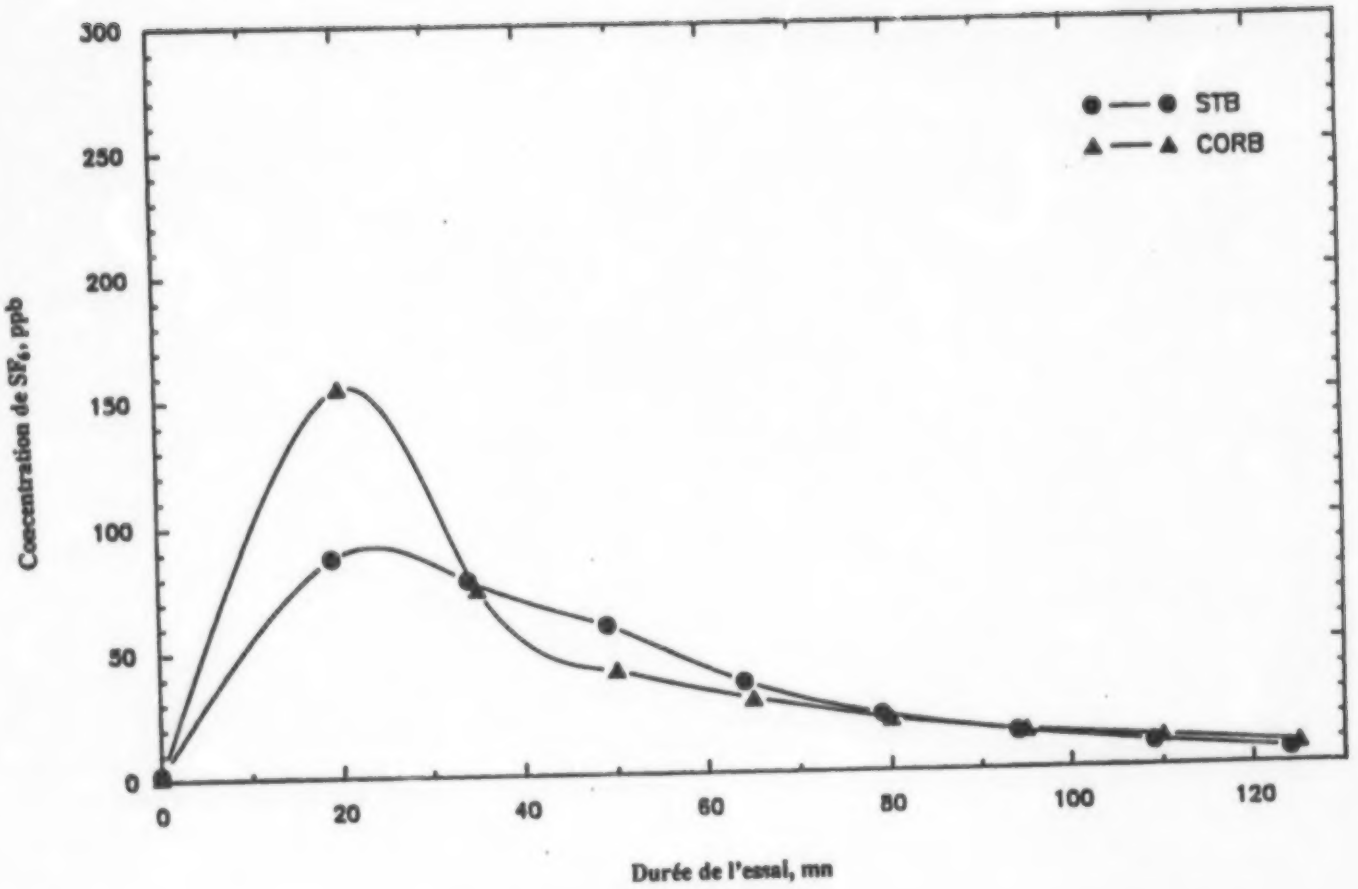


Figure 22 Distribution de l'air extérieur au sous-sol

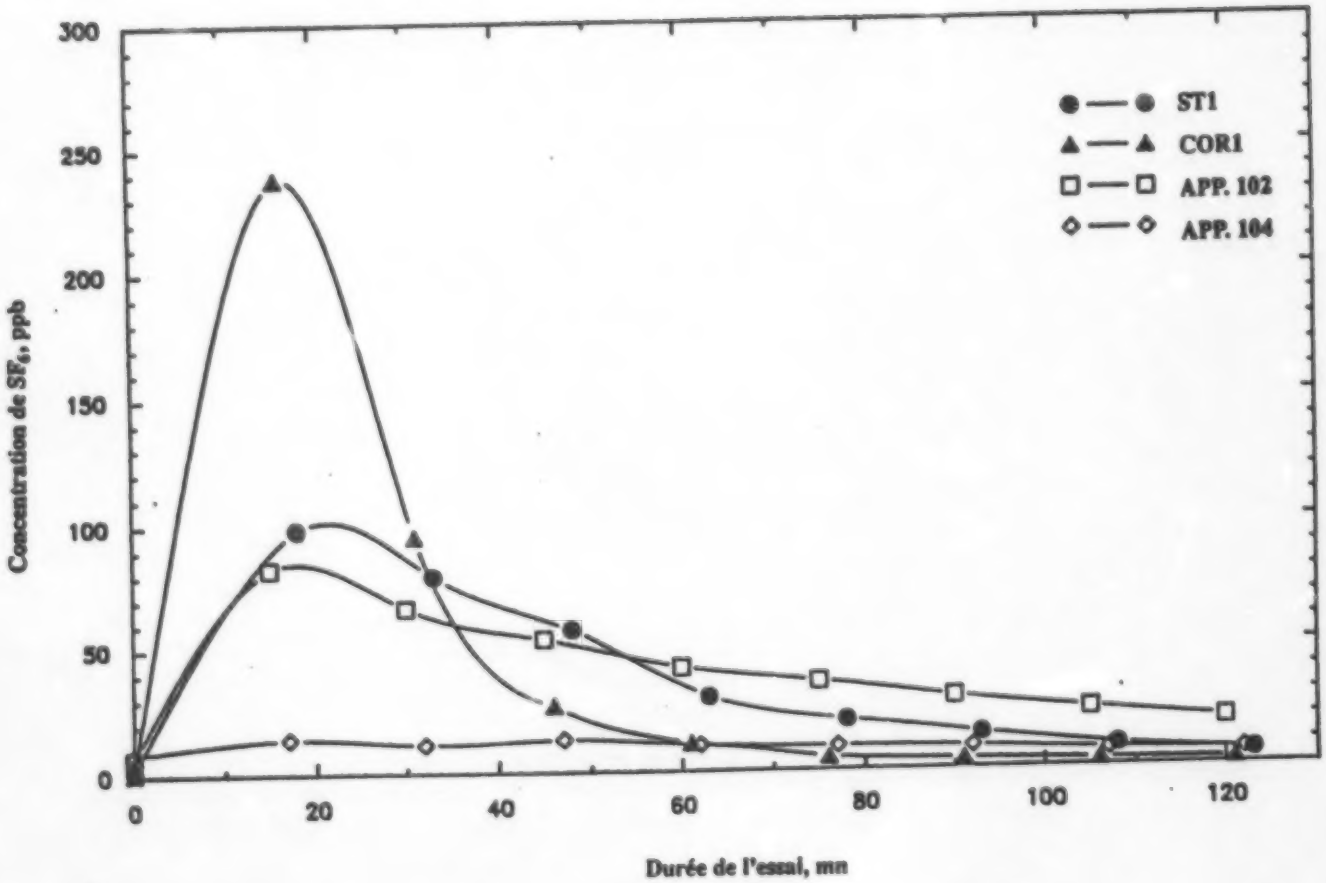


Figure 23 Distribution d'air extérieur au rez-de-chaussée

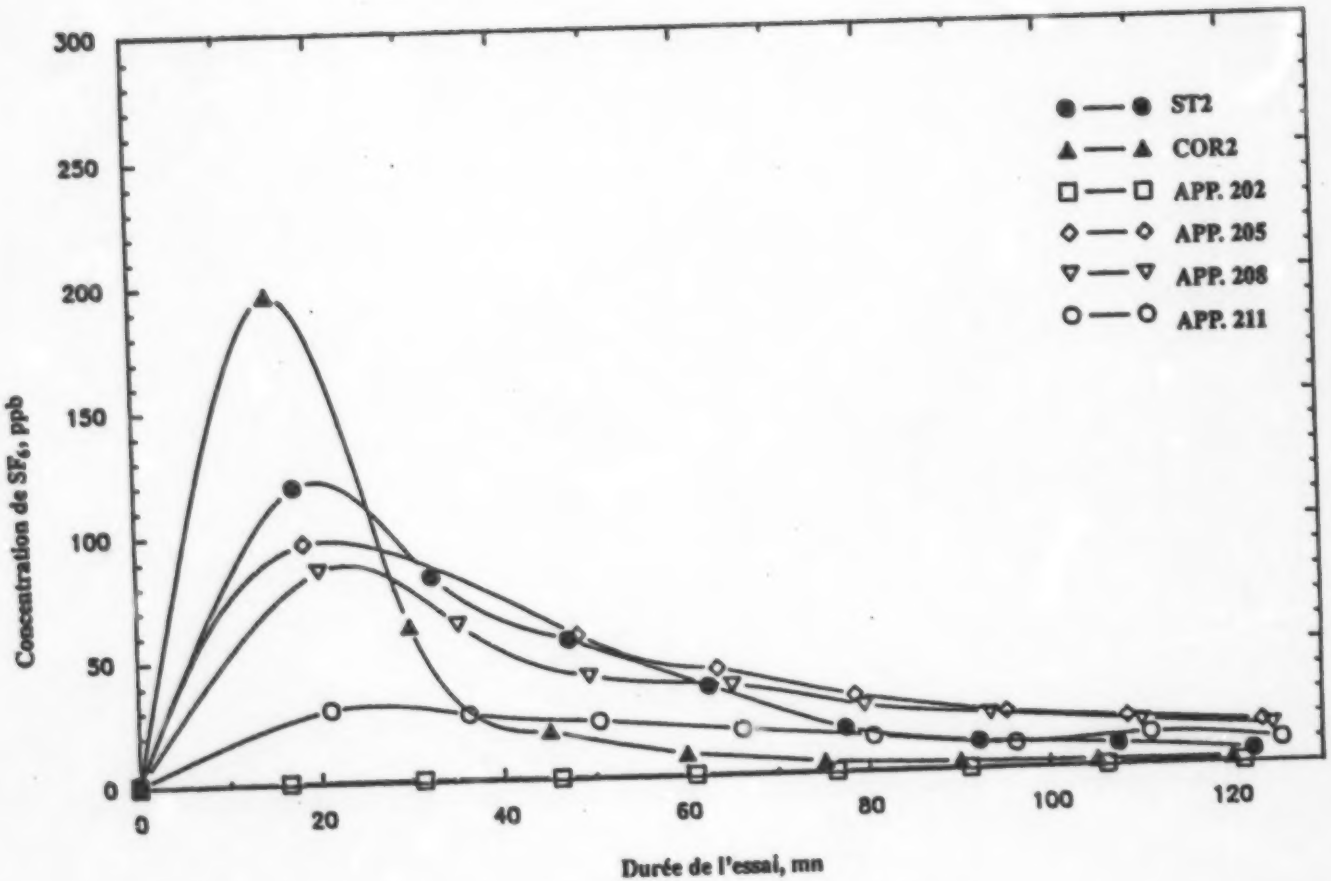


Figure 24 Distribution de l'air extérieur au deuxième étage

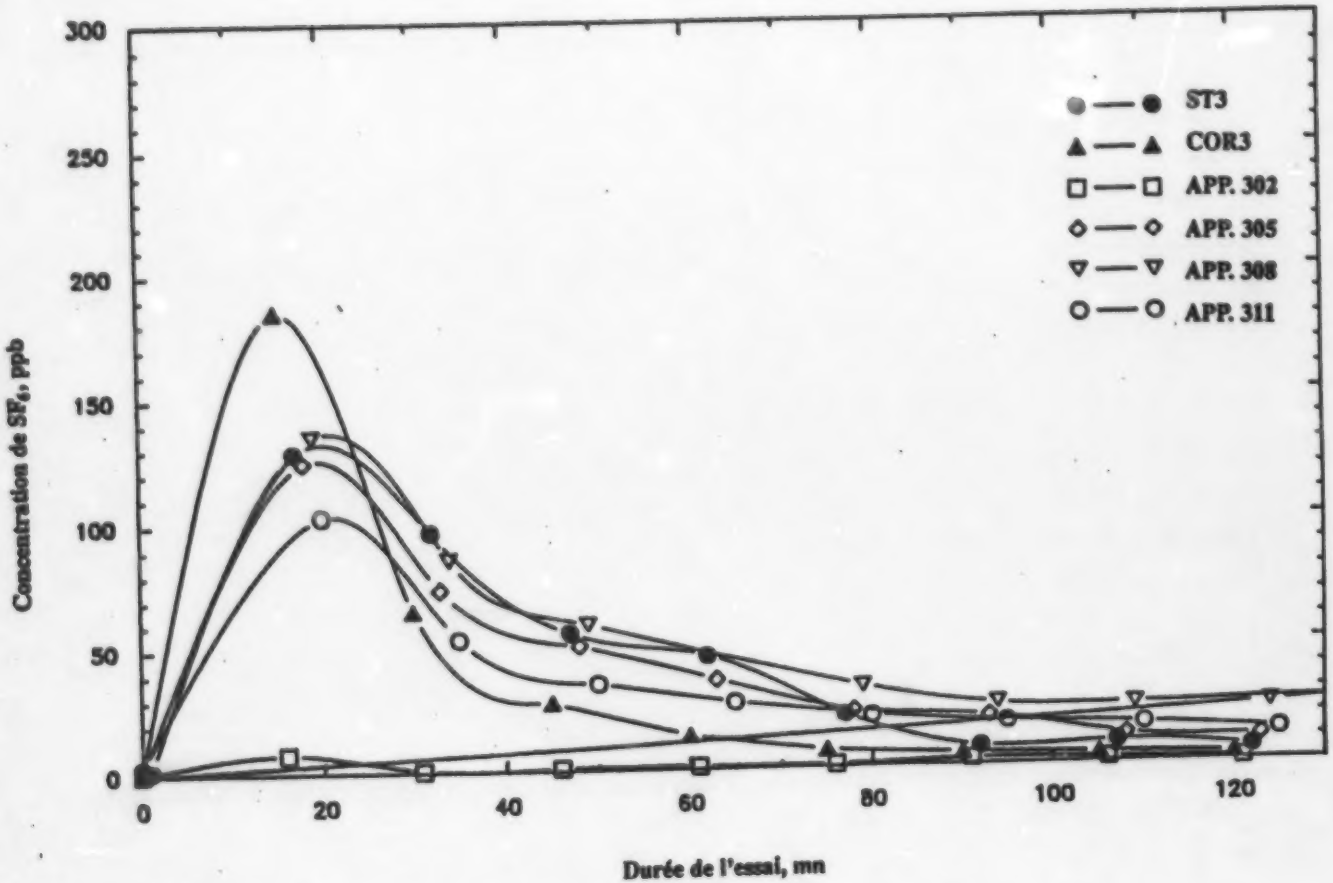


Figure 25 Distribution d'[illegible]térieur au troisième étage

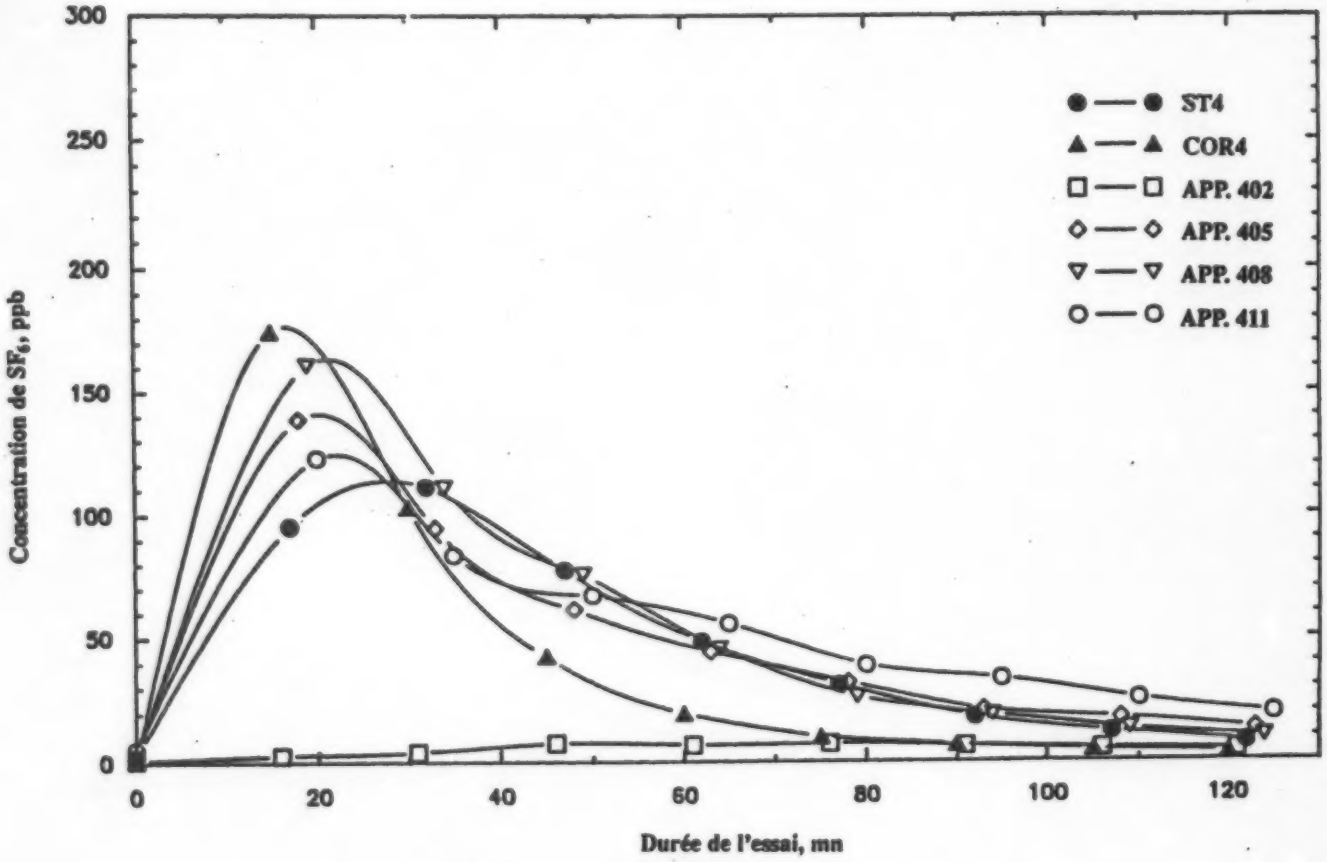


Figure 26 Distribution de l'air extérieur au quatrième étage

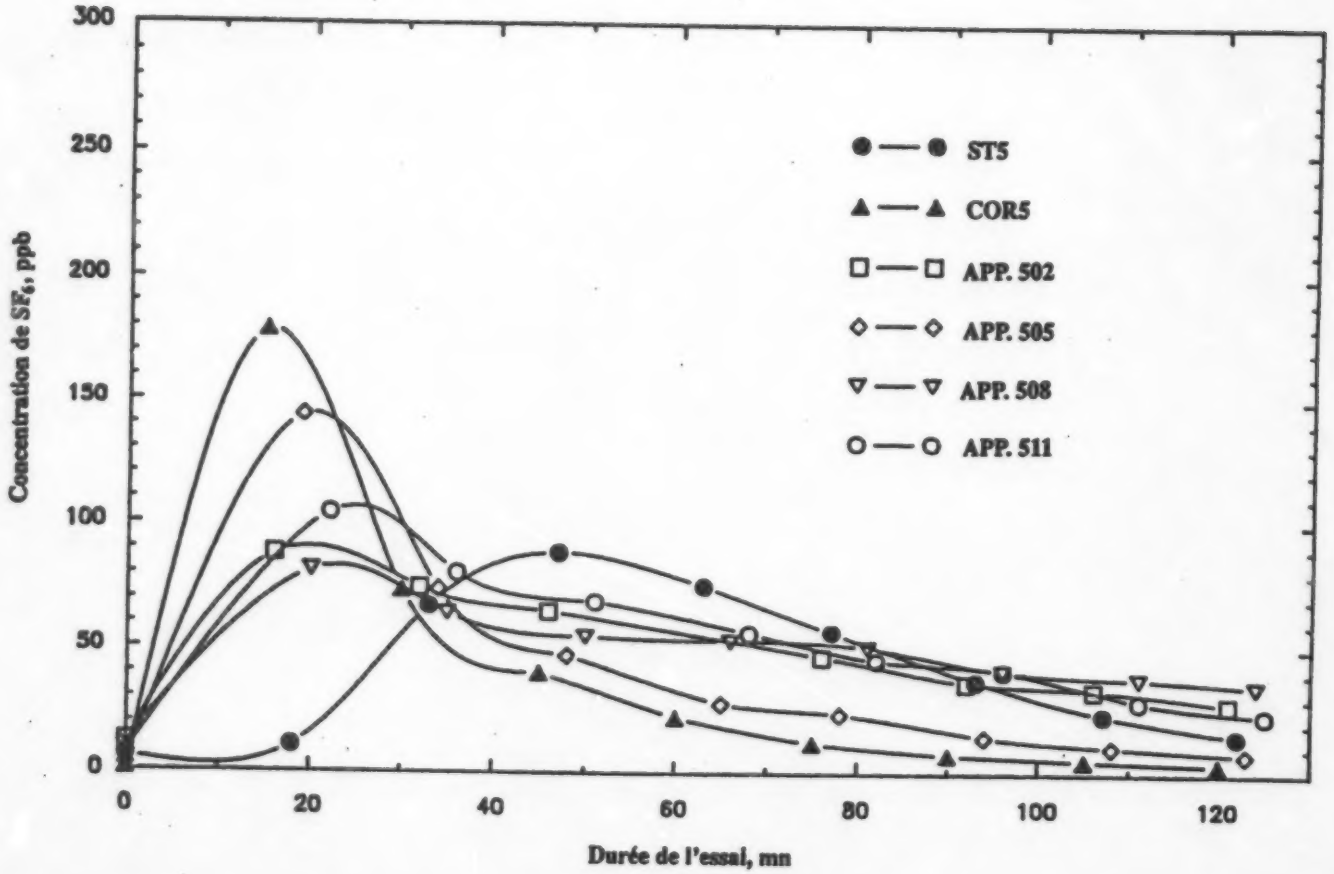


Figure 27 Distribution d'air extérieur au cinquième étage